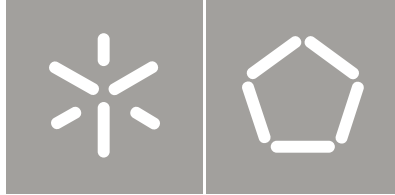


Universidade do Minho
Escola de Engenharia

José Carlos Vieira de Sá

Modelo de Análise e
Diagnóstico de uma Unidade Produtiva

José Carlos Vieira de Sá
Modelo de Análise e
Diagnóstico de uma Unidade Produtiva



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

José Carlos Vieira de Sá

Modelo de Análise e Diagnóstico de uma Unidade Produtiva

Tese de Mestrado
Engenharia Industrial
Opção: Qualidade, Segurança e Manutenção

Trabalho efectuado sob a orientação do
Professor Doutor Dinis Carvalho



Modelo de Análise e Diagnóstico de uma Unidade Produtiva



José Carlos Vieira de Sá

Dissertação submetida para satisfação dos requisitos para a obtenção do
grau de Mestre em Engenharia Industrial
– Opção: Qualidade, Segurança e Manutenção

Orientador da Universidade: Dinis Carvalho

Outubro 2010



AGRADECIMENTOS

Os meus agradecimentos vão para todos aqueles que, de uma forma ou outra, deram-me o seu contributo na realização do presente trabalho, nomeadamente ao Professor Doutor Dinis Carvalho (orientador da Universidade), a Administração da Rubete – Equipamentos Industriais, S.A., ao Eng. Paulo Soares pela sua disponibilidade e a minha esposa Olga Silva que sempre esteve presente.

A todos o meu Muito Obrigado!



RESUMO

O trabalho apresentado tem como objectivo o desenvolvimento de um modelo de análise e diagnóstico de uma unidade produtiva, e que seja mais fácil a sua utilização e interpretação quando comparado com o *Value Stream Mapping* (VSM). Para atingir esse objectivo, efectuou-se uma revisão bibliográfica sobre o impacto dos desperdícios ao longo do fluxo produtivo e ainda sobre a utilização do *Value Stream Mapping* (VSM) na identificação dos mesmos em vários ambientes industriais.

Neste trabalho é apresentado como modelo de análise e diagnóstico designado – *Waste Identification Diagram* (WID), o qual permite identificar de forma fácil os desperdícios existentes ao longo do fluxo produtivo. O modelo apresentado inclui entre vários indicadores, os indicadores financeiros que permitem a tomada de conhecimento do real impacto que os mesmos têm na organização. Desenhando o *Waste Identification Diagram* (WID) – futuro, com a situação que se pretende vir a atingir com as acções de melhoria propostas, consegue-se ver também de forma clara e objectiva os ganhos a obter por parte da organização.

Após o desenvolvimento do *Waste Identification Diagram* (WID) efectuou-se o estudo de caso na empresa Rubete – Equipamentos Industriais, S.A., a qual permitiu aplicar o modelo desenvolvido ao fluxo produtivo dos compressores de 100 L. Para isso foram elaborados o *Waste Identification Diagram* (WID) e o *Value Stream Mapping* (VSM) da situação actual e da situação futura, tendo sido posteriormente analisados e comparados com o objectivo de ver qual dos métodos era mais fácil de analisar.

Como conclusão constatou-se que o *Waste Identification Diagram* (WID) vem na mesma linha de orientação do *Value Stream Mapping* (VSM). No entanto o WID transmite com mais facilidade os dados obtidos e permite ainda a sua utilização em ambientes industriais com fluxos produtivos complexos dado o WID não está apenas orientado para o fluxo produtivo de uma única família de artigos com a mesma gama operatória.

Palavras-chave: *Value Stream Mapping* (VSM), *Lean*, Pull system, Push system, Kanban, Just-in-Time (JIT), Kaizen



ABSTRACT

This paper aims the development of a Diagnosis and Analysis Model of a productive unit, making it easier to use and to study when compared with *Value Stream Mapping* (VSM). To reach this goal, a review was done of the bibliography on waste management along the production flow and also on the use of *Value Stream Mapping* (VSM) for the identification of waste on several industrial environments.

On this paper is also presented an analysis and diagnosis model called *Waste Identification Diagram* (WID), That allows to easily identify the waste along the production flow. The model presented includes among several indicators, the financial indicators that allows the measurement of the impact on the organization. Designing the *Waste Identification Diagram* (WID) – one can foreseen, the result we plan to achieve, one can also clearly and objectively see the outcomes from the organization

After the development of the *Waste Identification Diagram* (WID) a study case was done at Rubete – Equipamentos Industriais, S.A., that allows to apply the developed model on the production flow of 100L compressors. For this task it was designed the *Waste Identification Diagram* (WID) and *Value Stream Mapping* (VSM) of the current situation and the future situation, both situations were then compared in order to see which of the methods was easier to analyze.

As a conclusion, we verify that the *Waste Identification Diagram* (WID) follows the same guidance lines as the *Value Stream Mapping* (VSM). However the *Waste Identification Diagram* (WID) reports better the obtained data and also allows its use on more complex industrial environments, since the *Waste Identification Diagram* (WID) is not only focused on a production flow of a single family of articles on the same operational range.

Keywords: *Value Stram Mapping* (VSM), *Lean*, Pull system, Push system, Kanban, Just-in-Time (JIT), Kaizen



ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	11
1.1. <i>OBJECTIVOS.....</i>	12
1.2. <i>ESTRUTURA DO RELATÓRIO</i>	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1. <i>AS ORIGENS DO CONCEITO LEAN</i>	13
2.2. <i>LEAN THINKING.....</i>	15
2.3. <i>A IMPORTANCIA VALUE STREAM MAPPING NO LEAN</i>	16
2.4. <i>VALUE STREAM MAPPING.....</i>	19
2.5. <i>LIMITAÇÕES DO VALUE STREAM MAPPING</i>	26
2.6. <i>ANÁLISE CRÍTICA</i>	33
3. WASTE IDENTIFICATION DIAGRAM (WID)	36
3.1. <i>INTRODUÇÃO</i>	36
3.2. <i>APRESENTAÇÃO DO MÉTODO WASTE IDENTIFICATION DIAGRAM (WID)</i>	36
3.2.1. <i>Block Icon</i>	38
3.2.2. <i>Changeover</i>	40
3.2.3. <i>WIP Cost.....</i>	40
3.2.4. <i>Takt Time e Cycle Time</i>	41
3.2.5. <i>Overcapacity</i>	42
3.2.6. <i>Transport Cost.....</i>	44
3.2.7. <i>Total Value Card</i>	47
4. ESTUDO DE CASO PRÁTICO	49
4.1. <i>APRESENTAÇÃO DA EMPRESA.....</i>	49
4.1.1. <i>Recepção de materiais.....</i>	51
4.1.2. <i>Armazenamento</i>	52
4.1.3. <i>Conformação.....</i>	52
4.1.4. <i>Soldadura</i>	54
4.1.5. <i>Pintura.....</i>	57
4.1.6. <i>Montagem & embalagem.....</i>	59
4.1.7. <i>Armazenagem do produto final</i>	60
4.2. <i>ANÁLISE DO FLUXO PRODUTIVO DA RUBETE ATRAVÉS DO WASTE IDENTIFICATION DIAGRAM (WID) – Situação Presente.....</i>	60
4.2.1. <i>Armazém de Produto Acabado</i>	62
4.2.2. <i>Montagem & Embalagem</i>	64
4.2.3. <i>Pintura.....</i>	66
4.2.4. <i>Soldadura</i>	68
4.2.5. <i>Conformação.....</i>	71
4.2.6. <i>Armazém de matéria-prima</i>	73
4.2.7. <i>Total Value Card</i>	74



4.2.8. Conclusões da situação actual	78
4.3. WASTE IDENTIFICATION DIAGRAM (WID) – Situação Futura	79
4.3.1. Armazém de Produto Acabado	80
4.3.2. Montagem & Embalagem	82
4.3.3. Pintura	84
4.3.4. Soldadura	87
4.3.5. Conformação	89
4.3.6. Armazém de matéria-prima	91
4.3.7. Total Value Card (futuro)	92
4.3.8. Conclusões	93
5. CONCLUSÃO	94
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95
ANEXOS	98
ANEXO I – WIP Existente ao Longo do Fluxo Produtivo	99
ANEXO II – Waste Identification Diagram (WID) – actual	102
ANEXO III – Value Stream Mapping (VSM) – actual	103
ANEXO IV – Waste Identification Diagram (WID) – futuro	104
ANEXO V – Value Stream Design (VSD) – future	105



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – A filosofia lean thinking nas organizações (Pinto, J.P., ?)	15
Figura 2 – Comparação percentual entre Non-Value-Add e Value-Add	17
Figura 3 - Value Stram Mapping Icons (Rother & Shook, 1999)	21
Figura 4 – Um típico mapa do estado actual de uma unidade produtiva, onde se pode ver o fluxo de valor mapeado (Nasch & Poling, 2008)	23
Figura 5 – Ícones utilizados na elaboração do WID	38
Figura 6 – Representação do eixo x, y, z	39
Figura 7 – Block Icon	39
Figura 8 – Actividades sequenciais com a actividade A com um tempo de ciclo superior a actividade B	42
Figura 9 – Actividades sequenciais com a actividade A com um tempo de ciclo inferior a actividade B	42
Figura 10 – Actividade com overcapacity de 50%	43
Figura 11 – Actividade com overcapacity de 2,5%	44
Figura 12 – Transport Cost	44
Figura 13 – Transport Cost de recepção e entrega relativos a actividade A	45
Figura 14 – Transport Cost entre duas actividades	46
Figura 15 – Transporte manual	47
Figura 16 – Transporte mecânico	47
Figura 17 – Layout da Rubete com a indicação do fluxo produtivo	49
Figura 18 – Recepção de chapas	51
Figura 19 – Recepção de fundos	51
Figura 20 – Armazenamento da chapa	52
Figura 21 – Guilhotina	53
Figura 22 – Balancé	53
Figura 23 – Calandra	54
Figura 24 – Maquina de soldar longitudinalmente por arco submerso	55
Figura 25 – Operação de colocação de fundos	56
Figura 26 – Maquina de soldar circular dos fundos por arco submerso	57
Figura 27 – Banca de montagem da caldeiraria	57
Figura 28 – Máquina de decapar	58
Figura 29 – Pintura manual	59
Figura 30 – Banca de montagem do compressor	59
Figura 31 – Armazenamento do produto final	60
Figura 32 – WID do armazém do produto final	64
Figura 33 – WID da montagem & embalagem	66
Figura 34 – WID da pintura	68
Figura 35 – WID da soldadura	71



Figura 36 – WID da conformação	73
Figura 37 – WID do armazém de matéria-prima	74
Figura 38 – WID do armazém do produto final (futuro)	82
Figura 39 – WID da montagem & embalagem (futuro)	84
Figura 40 – WID da pintura (futuro).....	86
Figura 41 – WID da soldadura (futuro)	89
Figura 42 – WID da conformação (futuro)	91
Figura 43 – WID do armazém de matéria-prima	92



ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Design Questions for Future State (Rother & Shook, 1999).....	21
Tabela 2 – <i>Total Value Card</i>.....	47
Tabela 3 – Dados relativos ao armazém de produto acabado.....	63
Tabela 4 – Dados relativos à montagem & embalagem.....	66
Tabela 5 – Dados relativos à pintura	68
Tabela 6 – Dados relativos à soldadura	70
Tabela 7 – Dados relativos à conformação	73
Tabela 8 – Dados relativos ao armazém de matérias-primas	74
Tabela 9 – <i>Total Value Card</i> (TVD) da situação actual da Rubete	78
Tabela 10 – Dados relativos ao armazém de produto acabado (futuro)	81
Tabela 11 – Dados relativos à montagem & embalagem (futuro)	84
Tabela 12 – Dados relativos à pintura (futuro)	86
Tabela 13 – Dados relativos à soldadura (futuro).....	89
Tabela 14 – Dados relativos à conformação (futuro).....	91
Tabela 16 – Dados relativos ao armazém de matérias-primas (futuro).....	92
Tabela 17 – <i>Total Value Card</i> (TVD) da situação futura da Rubete.....	93



1. INTRODUÇÃO

O trabalho aqui apresentado tem como objectivo o desenvolvimento de um modelo de análise e diagnóstico para ser utilizado em qualquer ambiente industrial, para facilitar a identificação dos problemas existentes ao longo do fluxo produtivo. Foi analisado *Value Stream Mapping (VSM)*, que provou ser uma óptima ferramenta de apoio na detecção de problemas e melhoria, mas que apresenta algumas limitações. O modelo desenvolvido é o *Waste Identification Diagram (WCI)*, o qual através de ícones próprios consegue mostrar onde se encontram os desperdícios.

Este trabalho contempla um estudo de caso realizado na empresa Rubete – Equipamentos Industriais, S.A., a qual se dedica principalmente à produção de reservatórios e compressores. A empresa Rubete – Equipamentos Industriais, iniciou a sua produção de compressores de pistão em série, em 2 de Janeiro de 1980.

A realidade da Rubete mostra claramente quais são os típicos problemas do tecido industrial português. Este trabalho permitiu apresentar um modelo de análise e diagnóstico designado – *Waste Identification Diagram (WID)*, o aplica-lo e foi possível ver como ele funciona. O modelo apresentado inclui entre vários indicadores, os indicadores financeiros que permitem a tomada de conhecimento do real impacto que os mesmos têm na organização. Desenhando o *Waste Identification Diagram (WID)* – futuro, com a situação que se pretende vir a atingir com as acções de melhoria propostas, consegue-se ver também de forma clara e objectiva os ganhos a obter por parte da organização.

Após a sua aplicação foi possível ver que todos os colaboradores da empresa perceberam claramente quais os problemas que existiam internamente e quais os benefícios claros a obter pelas dimensões dos ícones.



1.1. OBJECTIVOS

O objectivo deste trabalho consiste no desenvolvimento de um modelo de análise e diagnóstico de unidade produtivas, que permita mais facilmente a sua utilização e interpretação por todos os intervenientes directos ou indirectos, no processo produtivo em comparação com o *Value Stream Mapping* (VSM).

O objectivo é que todos os envolvidos se apercebam dos desperdícios no papel que não seja muito complexo, pois não nos podemos esquecer que no Gemba temos pessoas com escolaridade muito básica até o outro extremo. Pelo que sendo assim, pretende-se criar um modelo que seja compreendido por todos.

1.2. ESTRUTURA DO RELATÓRIO

No segundo capítulo deste trabalho é feita uma exposição sobre o que é que são os desperdícios no fluxo produtivo e as suas implicações. É feita uma análise sobre a aplicabilidade do *Waste Identification Diagram* em diferentes ambientes industriais onde é referido os seus pontos fortes e apontadas as suas lacunas. Na parte final deste capítulo é apresentada uma análise crítica dos diferentes artigos consultados.

No terceiro capítulo é apresentada a metodologia desenvolvida ao longo deste trabalho – *Waste Identification Diagram*. Ao longo deste capítulo ele é explicado ao detalhe com exemplos para mais facilmente o leitor entender como funciona

No quarto capítulo é apresentado o estudo de caso na Rubete – Equipamentos Industriais, S.A., onde são elaborados os *Waste Identification Diagram* (WCI) e os *Value Stream Mapping* (VSM) presentes e futuros o qual pretende mostrar qual o método que melhor mostra os problemas.

Por fim no quinto capítulo e último capítulo são apresentadas algumas conclusões na comparação entre estas duas metodologias.



2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo pretende-se investigar e aprofundar as origens e conceitos da filosofia *Lean* e do *Value Stream Mapping* (VSM), onde serão aprofundados os conceitos através da análise de artigos de investigação sobre estes temas, com o objectivo de desenvolver um modelo de gestão visual para facilitar a detecção da muda (*desperdícios*) no fluxo produtivo.

2.1. AS ORIGENS DO CONCEITO LEAN

Os sete desperdícios identificados por Tachii Ohno na sua grande obra *“Toyota Production System: beyond large-scale production”*, continuam actualmente a ser um pesadelo para todas as organizações. Masaaki Imai na sua obra: *“Gemba Kaizen – A Commonsense, low-cost approach to management”* reforça a necessidade das empresas identificarem os seus desperdícios e posteriormente elimina-los. Masaaki Imai para dar mais ênfase, utiliza o termo *“muda”* em vez de *“waste”* para definir o termo *“desperdício”*, e reforça a necessidade de serem identificados no *Gemba* (no chão da fábrica) pois é aí que eles ocorrem, e é aí onde terão de ser eliminados!

A necessidade que as empresas têm em eliminar os seus desperdícios prende-se com o facto de estes não acrescentarem valor ao produto final, e sim, utilizarem recursos (mão-de-obra, energia, matéria-prima, etc.) os quais não trazem uma mais valia ao produto/serviço final.

Os princípios e práticas do *“Lean”* têm início no final da década de 80, mais concretamente em 1988, através de um grupo de investigadores liderados por James Womack que se encontravam a fazer investigação no Massachusetts Institute of Technology (MIT).

Em 1990, Womack definiu o conceito do *“Lean”* como sendo uma filosofia interna da organização, que procurava a eliminação da *muda* no livro *The Machine that Changed the World*.

Womack em 1996 previu grandes alterações ao nível do processo produtivo para as empresas, devido ao tipo de encomendas dos clientes e que estas teriam de adaptar-se à mudança. Ele afirmava que a era da produção standard em massa tinha acabado e que agora estavam na era das encomendas de pequena



quantidade e de grande variedade. Face a esta nova realidade, era necessário mudar o sistema produtivo das empresas para um novo regime de produção baseado na detecção e eliminação dos desperdícios (*muda*). Entretanto, Womack verificou que algumas empresas nos Estados Unidos, Alemanha e Inglaterra tinham já iniciado esse caminho, devido ao facto de não se ter verificado qualquer crescimento na época, ou seja, estavam num período de estagnação económica. Infelizmente, muitas empresas continuavam a manifestar uma grande resistência à adopção deste novo paradigma da produção, pois bastava olhar para os stocks elevados que existiam nas empresas (quer de matéria-prima, produto em curso de fabrico – *WIP* e produto acabado), para concluir que continuavam agarradas a conceitos retrógrados. Womack acreditava que a resistência à mudança não era mais do que uma questão psicológica, pois a adopção do *lean* permitia às organizações a curto prazo melhorar os seus recursos e eliminar a *muda* existente, consequentemente, iria permitir produzir as mesmas quantidades, mas com menos recursos. Esta situação, lançava um desafio à gestão de topo que, poderia optar por despedir colaboradores ou então apostar na inovação e criar/lançar novos produtos/serviços para o mercado e manter toda a mão-de-obra existente. Esta segunda situação seria a melhor opção, visto que permitia às empresas aumentar o número de produtos/serviços que tinham a oferecer ao mercado, e consequentemente, aumentar o volume de facturação, sem existir aumento nos custos com a mão-de-obra. Outro aspecto a ter em consideração, para se optar pela segunda situação, prendia-se com a necessidade de não originar qualquer tipo de agitação social interna na empresa, pois era imperativo que os colaboradores aceitassem as mudanças trazidas pela implementação do *Lean*, pois só assim conseguiriam coloca-lo em prática, e consequentemente melhorar o desempenho da organização.

Womack defendia a ideia, de que, a gestão de topo deveria incutir o espírito de trabalho em grupo nos seus colaboradores, através de uma clara aposta na formação de ferramentas e técnica *Lean*, de forma a originar na estrutura interna da organização uma cultura de polivalência/rotatividade dos colaboradores. Outra ideia apontada por Womack, era a de que as organizações deveriam reforçar junto dos colaboradores a importância de estes identificarem os problemas e suas causas, sem que isso fosse motivo de posterior repreensão, mas sim um momento de felicitação pelo facto do colaborador da empresa ter identificado uma oportunidade de melhoria na sua empresa.



2.2. LEAN THINKING

Em 2003 Womack, J.P. e Jones D.T. apresentam o conceito do “*Lean Thinking*” na sua obra “*Lean Thinking – Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*”, com o objectivo de apresentar as ideias chave desenvolvidas por Taiichi Ohno no Toyota Production System (TPS). McDonald et al., (2002), refere que James-Moore & Gibbons já tinham definido que as áreas chave do *Lean Manufacturing* eram as seguintes:

- Flexibilidade
- Eliminação de desperdícios
- Optimização
- Monitorização dos processos
- Envolvimento dos recursos humanos

Pinto, J.P. refere-se ao conceito do “*Lean Thinking*” como uma nova abordagem às boas práticas de gestão, direccionada na detecção e eliminação de desperdícios (muda) e na melhoria contínua dos processos.

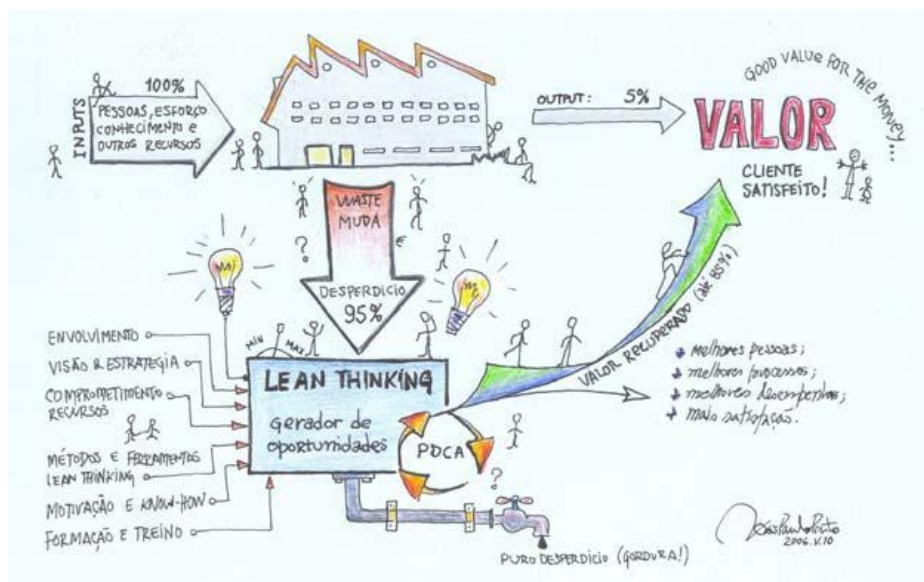


Figura 1 – A filosofia *lean thinking* nas organizações (Pinto, J.P., ?)



Segundo Pinto, J.P., a compreensão do significado do termo “valor” por parte da gestão, é fundamental para a aceitação e aplicação da filosofia *Lean* na sua organização, pois é necessário que todos os processos existentes fiquem claramente orientados para o cliente. Esta necessidade de orientar os processos para os clientes, deve-se ao facto de no fundo, a designação de valor ser o que o cliente está disposto a pagar pelo produto/serviço. Segundo Pinto, J.P., a filosofia *Lean Thinking* tem confirmado, ao longo das últimas cinco décadas, a sua capacidade de trazer largos benefícios para todas as partes envolvidas.

2.3. A IMPORTANCIA VALUE STREAM MAPPING NO LEAN

Vários autores definiram ferramentas/técnicas, com o objectivo de ajudarem as organizações a conseguirem implementar a cultura *Lean*. Entre eles, destaca-se Rother, M. e Shook, J., (1998), com a apresentação do *Value Stream Mapping* (VSM), o qual pretendia desenhar o fluxo de valor de um produto.

A utilização do VSM como ferramenta de detecção de desperdícios como apoio a implementação da filosofia *Lean*, tem chegado aos mais diversos sectores de actividade e tem contribuído para eliminar alguns conceitos desactualizados.

Em Novembro de 1999 foi publicado um relatório do Instituto de Medicina dos Estados Unidos onde referia que todos anos nos Estados Unidos morriam cerca de 44.000 a 98.000 pacientes devido a erro humano. A divulgação destes números teve na opinião pública um impacto negativo e o próprio governo sentiu necessidade de intervir nessa matéria, solicitando a adopção imediata de medidas para reduzir os números. A análise pormenorizada do processo de atendimento nas urgências dos pacientes com o recurso ao VSM, permitiu verificar que o mesmo não se encontrava orientado para o paciente (cliente) mas para o clínico, de forma a este ser mais eficiente e com poucas paragens. Esta abordagem do processo ia precisamente no sentido oposto sugerido pelo *Lean*, que defende que o processo deve estar orientado para o paciente (cliente), de forma a atender-lo o mais rápido possível e assim minimizar a seu desconforto (doença e/ou lesão). A implementação do VSM permitiu mostrar à gestão que o tempo de atendimento (*Lead time*) dos pacientes era em média de 165 minutos, e que o tempo que o paciente se encontrava efectivamente acompanhado por um médico (triagem, exames médicos, consulta



com o médico, etc.) era de apenas 46 minutos, o que dava uma percentagem de *Value-added time* de 28%, como tal uma percentagem muito baixa, o que mostrava claramente a existência de uma quantidade considerável de desperdícios.

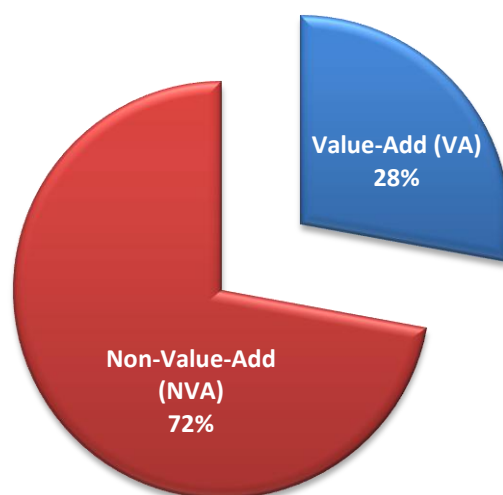


Figura 2 – Comparação percentual entre Non-Value-Add e Value-Add

Estes números, mostraram claramente à gestão que precisavam de mudar de estratégia, ou seja, definir uma nova forma de abordar os processos, adoptando assim a filosofia *lean*.

A aplicação do *lean* com o objectivo de melhorar o atendimento dos pacientes nos serviços de urgências, permitiu aumentar o nível da satisfação dos pacientes de 54% em 2005 para os 59% em 2006. No entanto, sob o ponto de vista financeiro registou um aumento dos custos directos por paciente de \$121 em 2005, para \$124 em 2006, o representou um aumento de custos na ordem de 2,48%.

A implementação da filosofia *Lean* utilizando inicialmente o VSM, permitiu aumentar significativamente a satisfação dos pacientes através da reorientação dos processos para eles próprios. Numa primeira fase, detectou-se que as alterações introduzidas trouxeram um aumento do custo médio por paciente para o serviço de urgência. No entanto, apesar do aumento de custos por paciente na fase inicial, a gestão compreendeu e aceitou os benefícios da filosofia *Lean* e persuadiu os seus colaboradores a darem o seu contributo na eliminação da Muda, de forma a obter a



redução do custo por paciente a curto prazo, com a introdução de novas medidas de melhoria.

Shook, J. co-autor do livro “*Learning to See*”, apresenta o VSM como uma ferramenta de apoio à gestão de topo e aos engenheiros, para que estes compreendam os fluxos produtivos e possam melhorá-los posteriormente. Shook, afirma que continuam a existir sérias dúvidas em alguns meios sobre a aplicabilidade de conceitos associados ao VSM e *takt-time*, bem como a ideia de que o *Lean* apenas se aplica em unidades industriais com processos produtivos repetitivos e com reduzida variedade de artigos, o que está completamente errado.

Lee em 2001, destacou os trabalhos desenvolvidos no *Lean Enterprise Research Centre*, localizado na Cardiff Business School, situada em Cardiff, no Reino Unido, como o centro de investigação de excelência na área do *Lean*, o qual tem vindo a contribuir fortemente na melhoria e aperfeiçoamento da filosofia *Lean*. Dos vários trabalhos publicados pelo *Lean Enterprise Research Centre*, ele destaca três trabalhos desenvolvidos e publicados:

- “*Competing against ignorance: Advantage through knowledge*”, em que analisa o uso do Value Stream Analysis Tool (VALSAT) e aponta as vantagens e desvantagens da sua utilização. Segundo Lee, o VALSAT é uma ferramenta que resulta de uma ligeira alteração de uma outra ferramenta muito utilizada na área da gestão da qualidade, que é o *Quality Function Deployment* conhecida também como QFD. Ao VALSAT são apontadas vantagens e desvantagens na sua utilização, mas segundo o autor as vantagens são muito mais significativas do que as desvantagens.
- “*The seven Value Stream Mapping tools*” apresenta as designadas sete ferramentas VSM:
 1. Mapa Actividades do Processo (*Process Activity Mapping*)
 2. Matriz Resposta da Cadeia de Fornecedores (*Supply Chain Response Matrix*)
 3. Funil Variedade de Produção (*Production Variety Funnel*)
 4. Mapa Filtro de Qualidade (*Quality Filter Mapping*)
 5. Mapa Ampliado da Procura (*Demand Amplification Mapping*)



6. *Análise Ponto de Decisão (Decision Point Analysis)*

7. *Mapa Estrutura Física (Physical Structure Mapping)*

Segundo o estudo apresentado, quando as sete ferramentas são correctamente utilizadas em simultâneo, estas permitem identificar de forma eficaz a *muda* existente na organização. A principal falha apontada às ferramentas referidas anteriormente, prendem-se com o facto de quando utilizadas isoladas estas são muito limitadas, não permitindo a visualização de uma forma abrangente de todo o fluxo de valor agregado ao produto final.

- “*From current state to future state: Mapping the steel to component supply chain*”, nesta investigação levada a cabo pelo *Lean Enterprise Research Centre*, são analisadas todas as ferramentas referenciadas no ponto anterior e ainda outras. Esta investigação pretendia evidenciar a importância da imagem do fluxo de valor para o cliente. A lacuna apontada por Lee, refere-se apenas à falta de informação que existe em como seleccionar a família de produtos e como são contabilizados os tempos de ciclo das diferentes famílias.

Lee aponta como principal objectivo do *Lean*, a gestão de forma eficaz do fluxo produtivo, conhecendo muito bem todas as actividades que levam a obtenção do produto solicitado pelo cliente.

2.4. VALUE STREAM MAPPING

Rother, M. e Shook, J., (1998) afirmam que em todos os produtos/serviços fornecidos aos clientes existe um valor acrescentado (*value-added*), e que o desafio está na visualização desse mesmo fluxo de valor. Rother, M. e Shook, J. que já conheciam as filosofias de produção da Toyota, desenvolveram o *Value Stream Mapping* (VSM), ao qual chamaram de ferramenta de lápis e papel. O objectivo da concepção do VSM era ajudar os gestores e directores das empresas a visualizarem o fluxo de material e informação nas suas unidades fabris.

Segundo Rother, M. e Shook, J., a utilização do VSM é essencial para qualquer organização dado que:

- Permite visualizar o fluxo



- Permite visualizar as fontes de desperdícios no fluxo de valor
- Utiliza uma linguagem comum para falar sobre processos produtivos
- Permite discutir e tomar decisões sobre os vários pormenores detectados no chão da fábrica
- Utiliza conceitos e técnicas *Lean*
- Permite projectar e desenhar a situação futura que se pretende alcançar antes de iniciar qualquer alteração
- Permite a ligação entre o fluxo de informação e o fluxo do material, o que nenhuma outra ferramenta permite fazer
- É uma ferramenta mais útil em relação a outras ferramentas quantitativas ou que pretendam representar layouts. O VSM é uma ferramenta qualitativa que permite descrever com detalhe como deve operar o fluxo produtivo para criar apenas valor acrescentado, e define exactamente qual a direcção a tomar.

O VSM foi concebido como uma ferramenta que permite, que todos os intervenientes visualizem o processo produtivo e o possam conhecer melhor. Também permite visualizar de que formas fluem os materiais ao longo do processo produtivo, bem como a informação existente ao longo do mesmo. O objectivo desta visualização é permitir melhorar o processo produtivo, através da identificação dos desperdícios e sua posterior eliminação.

Com o objectivo de normalizar a sua utilização entre todos os utilizadores a nível mundial, foi concebida uma linguagem visual a partir dos símbolos indicados na figura 2.

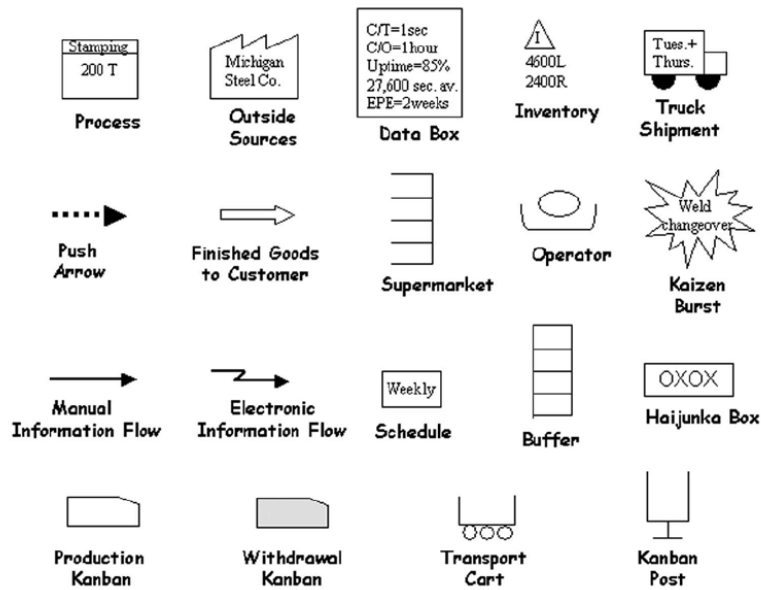


Figura 3 - Value Stream Mapping Icons (Rother & Shook, 1999)

Rother e Shook definiram uma abordagem dividida em três passos para melhorar o fluxo de valor:

1. Identificar uma família de artigos com maior relevância para a empresa;
2. Construção do VSM da situação actual;
3. Construção do VSM da situação futura.

Para construir o VSM da situação futura, Rother e Shook (1999) identificaram oito questões, divididas em três grupos, que devem ser respondidas antes de iniciar a construção.

Questões “estado futuro”	
Básico	1. Qual é o <i>takt-time</i> ?
	2. O produto final vai para armazém ou vai directamente para o cliente?
	3. Onde pode ser utilizado o fluxo contínuo?
	4. Há uma necessidade de um armazém com um sistema de produção puxado (<i>pull</i>)?
	5. Qual será o único ponto a planear a produção?
Heijunka	6. Como será nivelado o processo produtivo, com uma produção mista?
	7. O incremento de trabalho será lançado de forma consistente?
Kaizen	8. Quais os processos que necessitam de ser melhorados?

Tabela 1 - Design Questions for Future State (Rother & Shook, 1999)



Nasch, M.A., Poling, S.R. referiram que o VSM está dividido em três secções, conforme se pode constatar na figura 4:

- Processo ou fluxo produtivo
- Comunicação ou fluxo de informação
- Linhas de tempo e distancias percorridas

O processo ou fluxo produtivo é a parte do VSM que mais se aproxima dos desenhos tradicionais dos fluxos produtivos. O objectivo do desenho do processo é mostrar o fluxo através de todas as operações envolvidas na produção, e assim detectar a existência de stocks intermédios (*WIP*) elevados, junto do respectivo posto de trabalho.

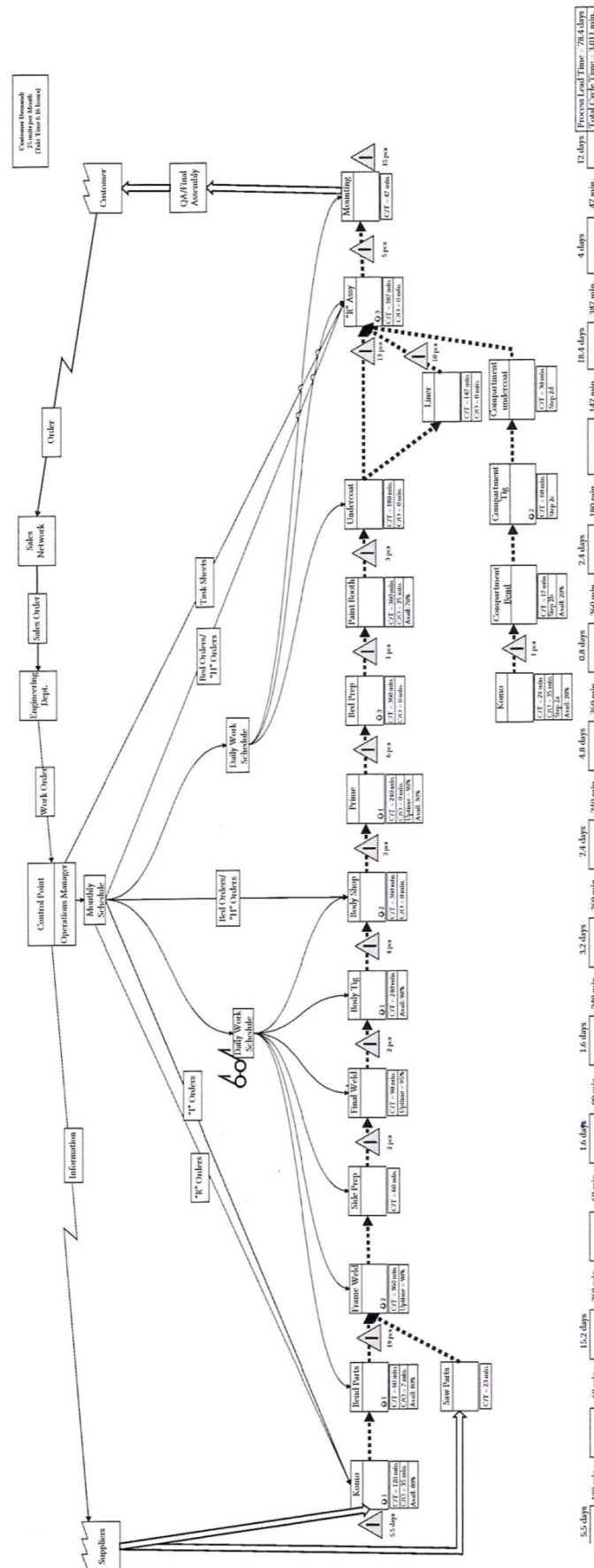


Figura 4 – Um típico mapa do estado actual de uma unidade produtiva, onde se pode ver o fluxo de valor mapeado (Nasch & Poling, 2008)



A comunicação ou fluxo de informação do VSM é a parte que permite visualizar como funciona o fluxo de informação interno, entre o controlo da produção e as diferentes áreas produtivas e/ou postos de trabalho. Também, permite visualizar o fluxo de informação externo com clientes e fornecedores. É também, identificado neste ponto a periodicidade com a qual os fornecedores entregam as suas matérias, bem como a periodicidade em que as entregas são feitas aos clientes.

As linhas de tempo e distâncias percorridas, tem como objectivo mostrar às partes interessadas de forma clara quais as distâncias percorridas pelo produto, bem como os tempos dispendidos. A linha de tempo irá mostrar em cada posto de trabalho o tempo necessário para produzir uma unidade de produto (*cycle time*), bem como o tempo de espera para entrar no posto de trabalho seguinte.

O primeiro passo no desenho do VSM passa por saber exactamente qual é a procura média diária do produto ou família de produtos por parte do(s) seu(s) cliente(s), de forma a permitir calcular o *takt-time*. O *takt-time* irá condicionar toda a elaboração do VSM, pois vai definir a periodicidade em que a empresa tem de disponibilizar uma unidade de produto ao(s) seu(s) cliente(s). Seguidamente, o fluxo produtivo é percorrido com início no armazém do produto acabado (produto pronto a ser despachado para o cliente final), seguindo a montante até ao armazém das matérias-primas onde são recolhidas relativamente a cada posto de trabalho a seguinte informação, a qual irá servir de input para o desenho do VSM:

- Listagem das actividades/operações e respectiva sequência para a realização do respectivo produto final;
- Stock intermédio existente em cada posto de trabalho (*WIP*)
- O tempo de ciclo de cada posto de trabalho (*Cycle time*)
- O tempo de mudança de máquina (*Changeover*)
- Distância percorrida entre postos de trabalhos seguindo o fluxo do produto (*distance travelled*)
- Fiabilidade do equipamento (*reliability*)
- Disponibilidade do equipamento para a produção do(s) artigo(s) (*availability*)
- Forma de comunicação e periodicidade de entrega com o cliente



- Forma de comunicação com os fornecedores e periodicidade de entregas

Sendo que, esta informação deverá obrigatoriamente estar disponível antes de iniciar o desenho do VSM. Com essa informação e utilizando a simbologia apresentada por Rother e Shook na obra *Learning to See – Value Stream Mapping to add value and eliminate muda*, procede-se à elaboração do VSM.

O passo seguinte passa por identificar os desperdícios ao longo do fluxo produtivo, começando pelo armazém de expedição passando depois todo o fluxo produtivo em sentido oposto, ou seja até ao armazém de matéria-prima. Para isso é necessário saber o *takt time*, que é uma palavra com origem alemã – *taktzeit*, que significa “tempo de ciclo”. O *takt time* é o tempo máximo necessário para produzir uma unidade de produto, de forma a satisfazer a procura do cliente. O seu cálculo resulta do quociente entre o tempo de trabalho disponível por dia em minutos, e a quantidade de produtos a entregar por minuto, sendo que o resultado será o *takt time*.

$$Takt\ time\ (min./p\acute{c}s) = \frac{Tempo\ dispon\acute{v}el\ para\ produzir\ (min./dia)}{Procura\ do\ cliente\ (p\acute{c}s/dia)}$$

Como resultado, o *takt time* informará, de quanto em quantos minutos, a empresa deverá ter um produto final pronto para satisfazer a procura do cliente.

O número médio (em dias) em que os artigos em curso de fabrico estão parados (*waiting*) devido ao excesso de *WIP*, Nasch e Poling chama-lhes – *daily volume of work*, que é o número de dias que o produto está na empresa sem que lhe seja realizada qualquer actividade de valor acrescentado para o produto final. O *waiting* irá fazer parte do *non-value added* (NVA) final, dado que o cliente final não irá pagar esse custo, logo este será suportado pela empresa. O cálculo resulta do quociente entre o *WIP* médio existente no posto de trabalho, e a quantidade,

$$Waiting\ (dia) = \frac{WIP\ (p\acute{c}s)}{Procura\ do\ cliente\ (p\acute{c}s/dia)}$$

O *waiting* dará a informação do tempo (dias) em que o material vai estar em espera, até o mesmo ser todo processado.



Para finalizar o VSM são calculados: *Value-added* (VA), *time* do processo, *Non-value-added* (NVA) e o *Process Lead Time* (PLT).

O *value-added* (VA) *time* refere-se à soma do *cycle time* (C/T) de todas as actividades, que acrescentaram efectivamente valor ao produto final.

$$VA = \sum_{i=1}^n (C/T)_i$$

O *non-value-added* (NVA) *time* refere-se à soma de todas as actividades que não acrescentam valor ao produto final e o qual, o cliente final não está disposto a pagar.

$$NVA = \sum_{n=1}^n \text{transport} + \sum_{n=1}^n \text{waiting} + \sum_{n=1}^n \text{inspection} + \sum_{n=1}^n \text{re - trabalho} + \dots$$

O cálculo do total *process lead time* (PLT), diz-nos quanto tempo é necessário para entregar o produto final. O valor do PLT resulta do somatório do *value-added time* (VA) e *non-value added* (NVA) *time*.

$$PLT = VA + NVA$$

Ao analisar e comparar o *process lead time* (PLT) com o *value-added time* (VA), ficamos logo com uma clara ideia sobre o custo que estamos a ter, bem como a oportunidade de aceitar novas encomendas, devido ao facto de apresentar junto dos clientes prazos de entrega muito longo, e os quais os clientes não estão dispostos a esperar, como tal acabam por fazer as encomendas na concorrências, perdendo assim a empresa a oportunidade de angariar novos clientes.

2.5. LIMITAÇÕES DO VALUE STREAM MAPPING

Apesar do *Value Stream Mapping* (VSM) ter trazido uma nova abordagem na identificação de desperdícios existentes nas organizações, foram várias as entidades e investigadores que posteriormente se dedicaram ao seu estudo na tentativa de descoberta de novas mais-valias, bem como as limitações ao VSM, como ferramenta de apoio e adequada na detecção de desperdícios, para a adopção de uma cultura *lean* nas empresas.



O *Kaizen Institute* refere que algumas organizações obtiveram tantos benefícios com a implementação correcta do VSM, que passaram a utilizá-lo indiscriminadamente para qualquer situação, o que fez com que esta decisão fosse errada, pois o VSM é apenas uma ferramenta de apoio e deve ser usado apenas para a sua função e não em qualquer situação que ocorra. Segundo eles, o VSM mostra o fluxo de material, informação e o valor agregado em cada operação e identifica onde está a *muda*, sendo que a partir daí é desenvolvido um plano tendo em vista a sua eliminação. Na opinião do *Kaizen Institute*, é difícil aplicar o VSM em processos não repetitivos, uma vez que não permite seguir o fluxo de valor.

Em 2002, McDonald, et al., decidiram dar o seu contributo na melhoria do VSM, propondo a utilização da simulação, com a sua aplicação a uma unidade industrial de produção de motores. No trabalho de investigação eles apontam duas razões para terem avançado com o projecto:

- Aplicação do VSM a processos produtivos sendo estes em paralelo;
- Explorar como é que outras ferramentas, como simulação, podem ser utilizadas em determinadas situações, de forma a aumentar a sua potencialidade.

Como referido anteriormente, o desenvolvimento do estudo foi realizado numa empresa que se dedicava à produção de motores, a qual tinha 14 tipos de motores. Os ganhos que a organização pretendia obter no *Gemba* (chão da fábrica), eram os seguintes:

- Aumentar a capacidade produtiva actual de 67 motores/dia para 80 motores/dia;
- Reduzir o *lead-time* actual de 8 dias, para 3 dias;
- Aumentar o nível de qualidade de serviço dos actuais 97% para os 99,9%.
- Aumentar o cumprimento dos prazos de entrega que actualmente estão abaixo dos 70%, para os 99%.

Dadas as características da empresa, bem como as metas que a mesma pretendia atingir, McDonald, et al. (2002), avançaram para o terreno para procederem à elaboração do VSM proposto por Rother e Shook (1999). A elaboração do mapa da situação futura a partir das respostas dadas às questões, que constam no quadro 1,



permitiu visualizar os desperdícios (*muda*) existentes. Durante o decorrer do estudo de caso com recurso à simulação, constatou-se que este não pode ser utilizado em simultâneo com o VSM. No entanto, forneceu informação dinâmica sobre o processo produtivo. Segundo McDonald, et al. (2002), a informação não pode ser recolhida apenas com recurso ao VSM devido a natureza estática, pois esta é apontada pelos autores do estudo como limitação do VSM. Como conclusão, é demonstrado que a aplicação da simulação pode trazer algumas melhorias à aplicação do VSM em determinados casos, como foi o caso analisado, devido à complexidade de produtos. McDonald, et al. (2002), sugere para trabalhos futuros, o desenvolvimento de software de simulação, mas com a introdução da simbologia utilizada no VSM, o que iria facilitar o desenvolvimento de modelos de simulação. Outra área de investigação seria explorar a possibilidade de o VSM ser combinado com outro tipo de ferramentas de análise de processo.

Gahagan reconhece que o VSM é uma ferramenta muito potente para a implementação do *Lean Manufacturing*, mas aponta como limitação o facto de não ser muito fácil transmitir a outros intervenientes a utilização desta ferramenta quando estes não estão familiarizados com a sua metodologia. É muito difícil implementar a cultura *lean* na organização se a mensagem do VSM não for passada aos outros intervenientes, pois estes não conseguem visualizar a *muda* existente e os benefícios que podem obter no futuro. Para colmatar esta dificuldade do VSM, Gahagan (n.d.) apresenta um modelo de simulação para o VSM. A concepção do modelo proposto pelo autor, foi realizado no Arena, apesar de referir que este não era o primeiro desenvolvimento de aplicações para o VSM e *Lean* a ser realizado no Arena, pois outros investigadores já o tinham feito anteriormente. Como conclusão, Gahagan reforça a importância do VSM para as pessoas que trabalham na implementação da cultura *Lean*. O template apresentado pelo autor está na forma de animação (ao contrário do VSM que é estático!), logo cativa com mais facilidade a atenção dos outros intervenientes e auxilia na aceitação por parte dos gestores para a adopção interna da filosofia *Lean*, pois conseguem identificar com mais facilidade as mais-valias da sua adopção.

Em 2003, Nazareno, et tal., desenvolveram os seus trabalhos no estudo das limitações do VSM, nomeadamente a sua aplicabilidade a produtos com uma elevada variedade de subprodutos. Segundo os autores, várias empresas de pequena



dimensão situadas no Brasil, fornecedoras de grandes empresas, têm vindo a tentar implementar a filosofia *Lean*. Mas infelizmente, muitas não têm conseguido obter os resultados pretendidos. Para tentar ajudar os gestores nesta ambição, têm vindo a ser realizadas algumas adaptações ao VSM proposto inicialmente por Rother & Shook (1998). Em empresas que possuam produtos finais com uma elevada variedade de subprodutos, Nazareno, et al. (2003), sugeriram que, em vez de identificar-se a gama operatória do produto final sejam identificados quais os componentes que possuem uma gama operatória idêntica. Desta forma, foi possível reduzir significativamente o número de VSM necessários, de modo a abranger todos os componentes produzidos na empresa que foi apresentada como caso de estudo. Como conclusão, Nazareno, et al. (2003), destacam a importância da utilização por parte das empresas do VSM na detecção e eliminação da muda existente internamente. No entanto, os autores chamam a atenção para o momento de desenharem o VSM, pois deve ser sempre analisado o fluxo produtivo de cada empresa, bem como a variedade de artigos/componentes existentes, sob pena de não se tomar a melhor opção logo na fase inicial e depois comprometer todo o potencial e mais-valia do VSM.

Abdulmalek e Rajgopal (2006), concluíram após uma análise efectuada em algumas empresas, que a aplicação da filosofia *Lean* está a ser mais aplicada em unidades produtivas com produção descontínua, do que em empresas com produção contínua. A justificação apontada para este facto, é devido à hesitação que os gestores de empresas com unidades produtivas com fluxo contínuo têm em adoptarem ferramentas e técnicas aplicadas no *lean manufacturing*. Os motivos apontados para esta hesitação são: máquinas sem qualquer tipo de flexibilidade, tempos de *setup* elevados e dificuldade em produzir pequenas quantidades. A questão de investigação por eles formulada foi: “Como poderemos tornar o *Lean* e o VSM mais viáveis?”. Com o objectivo de avaliar diferentes cenários no *future state map*, Abdulmalek e Rajgopal efectuaram um planeamento experimental com três factores a dois níveis (2^3). O primeiro factor é sobre o tipo de sistema de produção, e os dois níveis referem-se ao sistema produtivo ser do tipo *push* ou *pull*. O segundo factor tem a ver a aplicação do *Total Productive Maintenance* (TPM), sendo os dois níveis referentes ao facto de ter ou não implementado o TPM internamente. Por fim, o terceiro factor prende-se com a redução do tempo de *setup*, sendo que os dois níveis referem-se ao facto de existir ou não redução de tempo. Como conclusão do



estudo, os autores referem a existência de várias ferramentas utilizadas no *Lean* que podem ser aplicadas nas unidades industriais com produção contínua. Caso os gestores continuem a suscitar dúvidas, eles recomendam que seja analisada toda a informação recolhida da simulação, pois esta pode facilitar e motivar os gestores pela adopção da filosofia *Lean* nas suas organizações.

Chitturi, et al. (2007), identificam como lacuna na utilização do VSM, o facto de este não dar a informação completa sobre o que se passa no *Gemba* em ambientes com elevada variedade de artigos e quantidades variadas mas de pequenas dimensões. Chitturi, et al., sugerem que uma melhoria ao VSM nestes ambientes, é efectuar um agrupamento de artigos por família que tenham a mesma gama operatória e a procura média por parte do mercado, tendo por base o histórico da procura desses artigos. Segundo Chitturi, et al., o desenho do VSM por família de artigos tendo por base a procura média nesses ambientes, permite que o VSM não seja apenas válido para um determinado dia em função do artigo e quantidade pedida pelo cliente, mas sempre que um artigo pertencente a essa família entre em produção.

Na perspectiva de engenharia industrial, Irani, S.A. e Zhou, J. apontam algumas restrições ao VSM sobre o ponto de vista de um engenheiro industrial. Entre as várias limitações apontadas, destacam-se as seguintes:

- Não permite fazer o VSM de vários artigos que tenham roteiros de fabrico diferentes;
- Não evidencia atrasos no transporte dos materiais e mudanças, nem alterações de lotes devido ao layout da empresa;
- Não tem um indicador económico associado;
- Não permite visualizar o layout da empresa;
- Não reflecte o BOM (*Bill Of Materials*) de um produto.

Irani, S.A. e Zhou, J., apontam como principal limitação ao VSM o facto de ser um método manual. Esta limitação, na opinião deles, torna-se ainda mais óbvia num ambiente industrial que tenha uma elevada variedade e pequenas quantidades (HVLV – *high-variety low-volume*) de produtos. Como alternativa ao VSM em produções HVL, Iranie e Zhou apresentam o *Value Network Mapping* (VNM), como



sendo mais fácil de elaborar e compreender. Eles referem mesmo que a utilização do VNM permite reduzir o caos em unidades fabris de manufactura complexa e perceber o seu estado actual. Como conclusão, os autores referem que em sistemas simples e pouco complexos existe uma ligeira vantagem na utilização do VNM em detrimento do VSM. Nos sistemas com grande variedade de artigos e diversos fluxos produtivos, torna-se impossível a utilização do VSM, pelo que nestes processos a única solução é a utilização do VNM. Segundo Irani, S.A. e Zhou, J., o VNM oferece vantagens significativas relativamente ao VSM em ambientes industriais em que os processos produtivos são HVLV.

Em 2007, Lian e Van Landeghem, apontam como desvantagem ao VSM, o facto de este ser uma ferramenta estática e de não descrever sistemas complexos. Sendo o VSM uma ferramenta de lápis e papel, dificulta a visualização dos benefícios que as alterações propostas terão no *Gemba*. Esta dificuldade, segundo Lian e Van Landeghem, trazem alguma relutância na aplicação das sugestões de melhorias, indicadas após a elaboração e análise ao VSM. Mantendo a linguagem (simbologia) do VSM, eles sugerem a utilização da simulação a que eles chamam “*simulation-based VSM*” (SimVSM). A utilização do SimVSM segundo Lian e Van Landeghem, permite aos gestores visualizarem o impacto do *Lean transformation* antes da sua implementação no *Gemba*, verificando que um dos efeitos do *Lean manufacturing* é que permite alterar parte do sistema produtivo *Push* (empurrado) em *Pull* (puxado). Para comprovarem o seu modelo, eles testaram-no numa empresa belga e mostraram quais os ganhos que a empresa poderia obter após a implementação das medidas de melhoria sugeridas. Os autores concluíram que a utilização do SimVSM mantém a essência do VSM tal como foi proposto por Rother e Shook (1999), trazendo como benefício a redução do esforço e tempo humano que se consegue obter com o recurso aos computadores e à aplicação SimVSM.

Em 2008, Serrano, et al., afirmaram que o VSM foi sem sombra de dúvidas uma ferramenta inovadora apresentada no âmbito da filosofia *Lean*. Com o intuito de aprofundar o VSM, realizaram um estudo que envolveu seis unidades industriais onde pretendiam analisar os seguintes aspectos:

- A validade do VSM como uma ferramenta de redesenho;
- Recursos necessários a estabelecer;



- Diferenças entre conceitos teóricos propostos pelo VSM a as aplicações práticas.

Serrano, et al., apresentam então uma lista de metodologias, métodos e ferramentas que segundo eles podem ser aplicadas no redesenho de sistemas produtivos. A lista apresentada foi a seguinte:

- *Flow Diagram Chart*
- Sistemas estruturados
- Sistemas de arquitectura
- Modelação e simulação de software

No estudo levado a cabo por Serrano et al., verificou-se que o VSM tem servido como guia para as empresas, ficando demonstrado que o VSM pode ser uma boa técnica para o redesenho de sistemas produtivos. Como conclusão, Serrano, et al., constataam que o VSM é uma ferramenta útil e eficaz para o redesenho das linhas de produção. Este caso prático, também permitiu fazer uma grande constatação, ou seja, segundo Serrano, et al., existe um grande fosso entre a teoria proposta pela bibliografia referente ao VSM e sua aplicação em contexto real. Por fim, os autores deixam um desafio para futuros investigadores, melhorar o VSM com a criação de uma ferramenta que com a capacidade produtiva instalada e com o conhecimento das previsões de encomendas por parte dos clientes, avalie a adequação do sistema produtivo existente.

No mesmo sentido, Shararah, M.A., et al., (2010) referem-se ao VSM como sendo uma ferramenta extremamente importante do *lean manufacturing*, mas limitada, pelo que apresentam o VSMSx (*Value Stram Mapping Simulator using ExtendSim*) onde pretendem aumentar a potencialidade do VSM com o recurso à simulação com suporte informático. O VSMSx permite colocar várias hipóteses de organização da produção, com vários prazos de entrega, diferentes tempos de preparação (*setup*) e alteração do tamanho dos lotes. A colocação de todas as hipóteses para organização da produção, segundo os autores, permite ao agente decisor a sua análise e a escolha da melhor opção.



2.6. ANÁLISE CRÍTICA

Neste ponto é feita uma análise sintética dos artigos analisados na revisão bibliográfica.

O *Value Stream Mapping* (VSM) não nos fornece a informação completa sobre o que acontece no *Gemba* em ambientes industriais com elevada variedade de artigos e quantidades variadas de pequenas dimensões, sendo esta uma situação que pode dificultar a adopção desta ferramenta por parte dos gestores nestes ambientes industriais, devido ao facto de existir a necessidade quase diária da elaboração de um VSM. Esta situação no entanto, pode ser optimizada caso se proceda à decomposição das gamas operatórias de todo o tipo de artigo produzido nessa empresa e agrupar por grupos de famílias em função do maior número de actividades/processos que tenham em comum. Assim, passa a ser apenas necessário elaborar um VSM para cada grupo de artigos. (Nazareno, 2003)

O *Value Stream Mapping* (VSM), efectivamente não permite fazer um único VSM para artigos que tenham roteiros de fabrico diferentes, pelo facto que estes possuem gamas operatórias distintas e o VSM não consegue juntar estes artigos.

Outro facto a apontar ao *Value Stream Mapping* (VSM) é o seu carácter estático, isto é, não evidencia os atrasos no transporte (paragens no fluxo produtivo) de materiais e mudanças, nem alterações de lotes devido ao *layout* da empresa e suas respectivas implicações, o que sem sombra de dúvidas são informações importantes para o director/responsável da produção. O facto de não ter um indicador económico associado, não permite mostrar de forma clara qual o objectivo à administração da empresa, bem como as perdas financeiras existentes face aos desperdícios presentes e ainda os ganhos que a empresa irá obter com a adopção das medidas sugeridas. (Irani, S.A. e Zhou, J.)

O *Value Stream Mapping* (VSM) é uma ferramenta pouco dinâmica e não permite descrever fluxos produtivos complexos, pelo que nestes sistemas terá que ser apresentada outra ferramenta de identificação de desperdícios. O facto de ser uma ferramenta de lápis e papel, dificulta em parte a visualização dos benefícios que as alterações propostas terão no *Gemba*. Isto faz com que exista alguma dificuldade na adopção de uma filosofia *lean* por parte da empresa, pois mais uma vez a gestão de topo



tem dificuldade em conseguir visualizar os benefícios da adopção da filosofia *lean* na sua empresa. (Lian, Y.-H e Landeghem, H.V., 2007)

Efectivamente, o VSM não contempla a capacidade produtiva instalada, apenas regista a taxa de ocupação (*availability of equipment* – AOE) de uma máquina ou área de trabalho, relativamente ao artigo ou família de artigos, do qual se está a desenhar o VSM. Seria sem sombra de dúvidas muito interessante e importante para os agentes decisores da gestão de produção ter essa informação presente, pois com esta informação e com o conhecimento das previsões de encomendas por parte dos clientes, conseguiriam avaliar a adequação do sistema produtivo existente.

Ninguém tem dúvidas da potencialidade do *Value Stream Mapping* (VSM) na detecção dos desperdícios ao longo do fluxo produtivo com vista à sua eliminação e adopção de uma filosofia *lean*. No entanto, é reconhecido que a forma como é transmitida a informação aos outros intervenientes que não estão familiarizados com o VSM, cria grandes confusões e consequentemente obstáculos à implementação das medidas de alteração propostos. A aceitação seria muito mais fácil se a informação fosse facilmente transmitida e compreendida por todas as partes interessadas. Se esta fosse, por exemplo, transmitida graficamente ou com alguma linguagem gráfica seria mais fácil para todas as pessoas envolvidas no processo visualizarem a muda existente e quais os benefícios para o futuro.

O *Value Stream Mapping* (VSM) futuro não permite colocar todas as hipóteses possíveis ao agente decisor da organização da produção. Este facto, não permite que o agente decisor analise as várias alternativas possíveis e à posterior tomar a decisão mais adequada. O VSM actual, como referido anteriormente apenas identifica que tipos de desperdícios existem no fluxo produtivo e o VSM futuro esquematiza a reorganização do fluxo produtivo e possíveis implicações neste. Esta previsão é feita a partir da sensibilidade da pessoa que se encontra a desenhar o VSM futuro a lápis e papel e sem recurso a qualquer simulador, pois a utilização de um simulador poderia, através de modelos matemáticos simular qual o impacto nesse ambiente industrial.

A partir da análise bibliográfica realizada consegue-se concluir que, apesar do *Value Stream Mapping* (VSM) ser a melhor ferramenta existente actualmente para a identificação de desperdícios, ela apresenta um conjunto de limitações. Com o



desenvolvimento do *Waste Identification Diagram* (WID), de forma a cumprir com o objectivo proposto, pretendo ir de encontro a algumas das lacunas apontadas pelos diversos autores ao VSM.



3. WASTE IDENTIFICATION DIAGRAM (WID)

3.1. INTRODUÇÃO

As empresas tardam em tornarem-se competitivas face aos desafios vindo das empresas de leste e asiáticas. Para isso, é necessário que as empresas se tornem cada vez mais competitivas, não só pela aquisição de últimas tecnologias de ponta e em ter produtos de alto valor acrescentado, mas também é importante para isso que elas adquiram uma cultura *lean* internamente.

O primeiro passo foi dado por Rother e Shook, com o desenvolvimento do VSM, o qual permite às pessoas visualizarem quais dos sete desperdícios apresentados por Taiichi Ohno, podem existir internamente e mais especificamente onde se encontram localizados.

- Transporte de produtos/materiais (*transport*);
- Paragens na produção (*waiting*);
- Sobre produção (*overproduction*);
- Produtos não-conforme (*defect*);
- Stocks elevados (*inventory*);
- Movimento de colaboradores (*motion*);
- Retrabalho (*extra processing*).

Ao contrário do que a maior parte dos empresários pensa relativamente à existência de desperdícios na sua própria empresa, estes existem com muita frequência. Apesar de não trazerem valor acrescentado ao produto/serviço estes, de uma forma ou outra, são pagos pela empresa representando um custo interno sem qualquer retorno financeiro. Estes também são designados de “*non-value added*”.

3.2. APRESENTAÇÃO DO MÉTODO WASTE IDENTIFICATION DIAGRAM (WID)

O desenvolvimento do *Waste Identification Diagram* (WID) é uma ferramenta de apoio à gestão e directores de empresas na identificação dos desperdícios e obtenção da melhoria, e têm como objectivo facilitar a sua visualização ao longo do fluxo produtivo.



O pai da filosofia Kaizen, Masaaki Imai utiliza o termo “Gembutsu” que é um termo japonês, que significa situação real. A ideia é que quando existe um problema, devemos nos aproximar o mais possível dele para vê-lo de perto antes de tomar qualquer decisão. O que o *Waste Identification Diagram* propõe é isso mesmo, ou seja, ir para o chão da fábrica e ver que desperdícios existem e onde eles se encontram localizados.

O *Waste Identification Diagram* (WID) pretende colmatar algumas das limitações apontadas por vários autores ao VSM, isto é, alguns autores defendem que o VSM é uma ferramenta difícil de entender, quando as pessoas não estão familiarizadas com este, mas que indirectamente acabam por estar envolvidos.

O *Waste Identification Diagram* (WID), apresenta um conjunto de ícones (ver figura a baixo) que posteriormente serão explicados individualmente.

É a gestão de topo que tem de perceber quais os desperdícios que está a ter internamente e quanto é que isso está a custar à empresa. É de salientar, que os encarregados, chefes de equipa e os próprios operadores, terão que mudar hábitos adquiridos ao longo de vários anos de trabalho e ideias impostas pelos seus superiores. É mais fácil aceitar a mudança e os novos desafios, se todos os intervenientes conseguirem ver e compreender os ganhos que iram obter com a mudança da cultura *lean*.

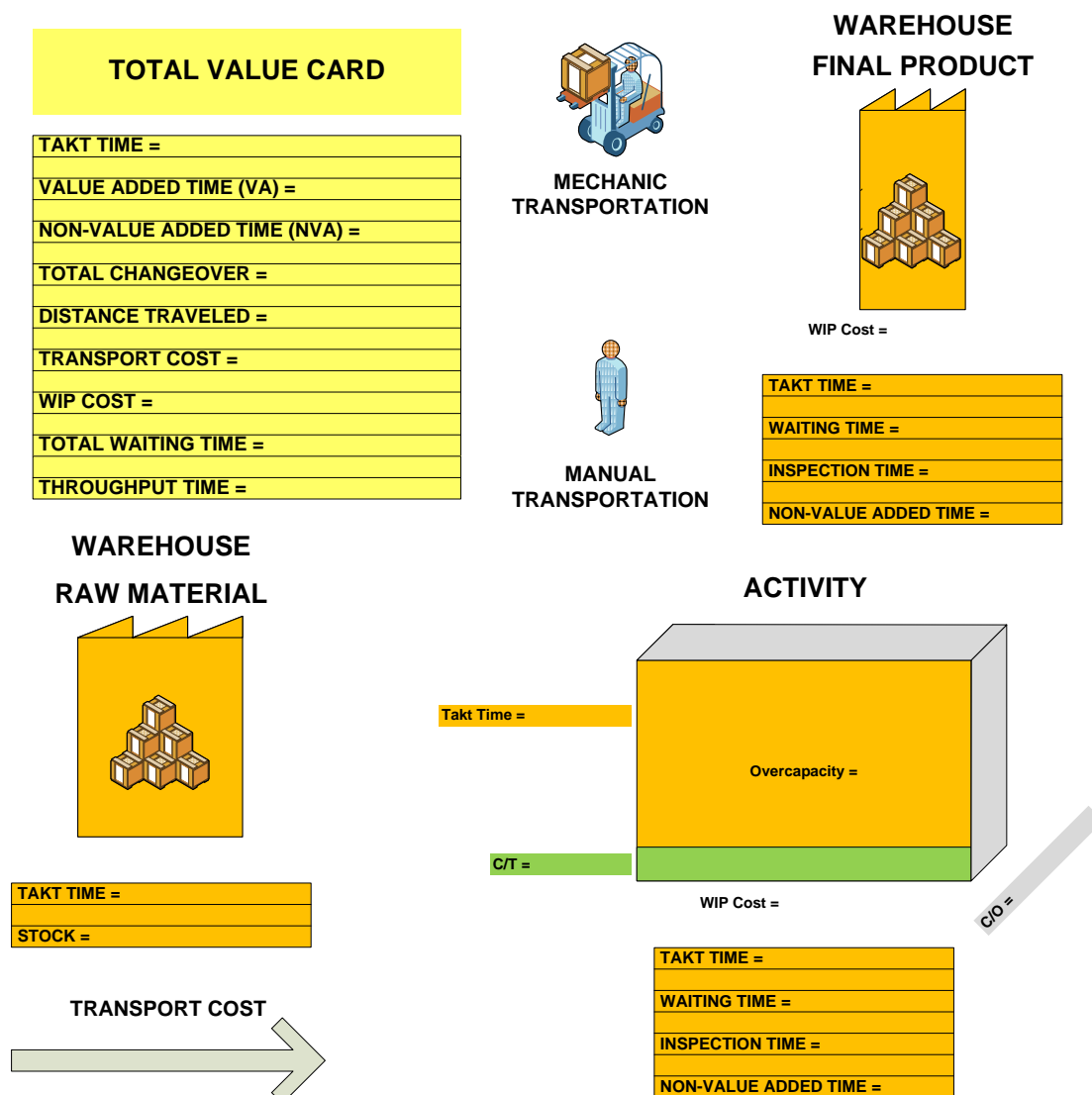


Figura 5 - Ícones utilizados na elaboração do WID

3.2.1. Block Icon

As actividades que fazem parte do *Waste Identification Diagram* (WID) são representadas em blocos a três dimensões (3D) com coordenadas nos eixos x, y, z.

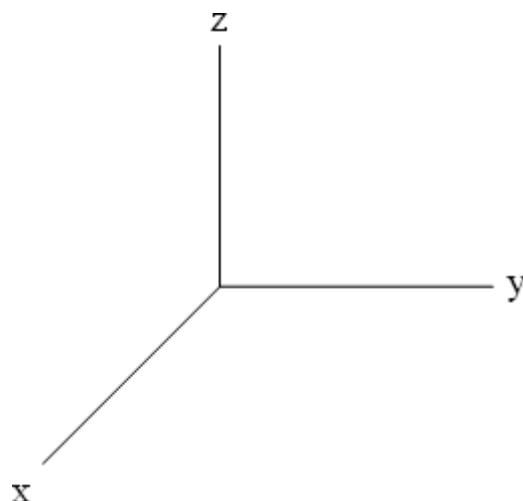


Figura 6 – Representação do eixo x, y, z

O WID contempla ainda as ligações entre os postos de trabalho ou células de trabalho, ou ainda secções da empresa.

Os dados para o dimensionamento dos blocos referente a um posto de trabalho são recolhidos a partir da diversa informação relativa aos desperdícios existentes nesse mesmo posto de trabalho.

Para dar forma ao bloco, este é dimensionado nos seus eixos (x, y, z):

- Eixo xx: profundidade do bloco
- Eixo yy: base do bloco
- Eixo zz: altura do bloco

Conforme a figura que se segue:

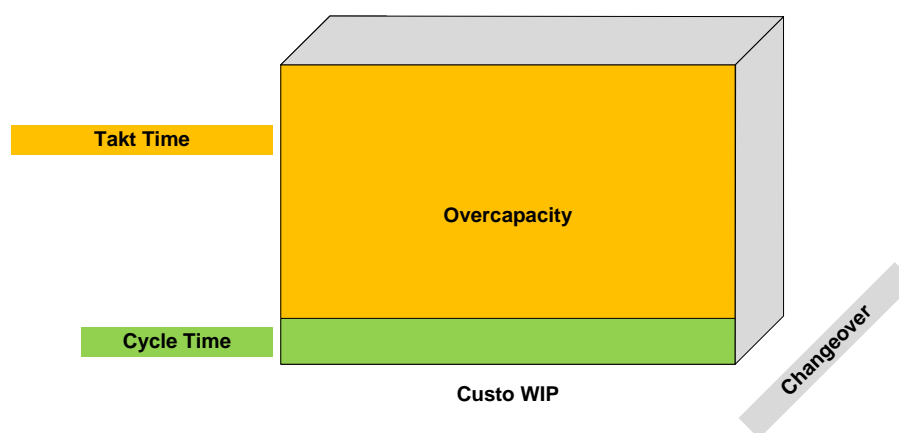


Figura 7 – *Block Icon*



Todos os postos de trabalho ou áreas de trabalho que fazem parte do fluxo produtivo, são representados por um *block icon* conforme representado anteriormente.

- Eixo xx: *changeover*
- Eixo yy: *WIP cost*
- Eixo zz: *cycle time* (verde) e *takt time* (laranja)

3.2.2. *Changeover*

O eixo do xx refere-se à profundidade do bloco (a cor cinzenta) e este é utilizado para colocar o tempo de mudança da máquina (*changeover*) em minutos. Este tempo deve ser recolhido durante a realização da actividade, de forma a dar valor quando utilizado no dimensionamento do bloco retratar o valor real.

3.2.3. *WIP Cost*

O eixo do yy que é a base do bloco é dimensionado com o custo que a empresa tem nesse posto de trabalho por dia, devido ao *WIP* médio existente nesse posto de trabalho. Sabendo o *WIP* médio existente no posto de trabalho, multiplica-se esse valor pelo custo do produto final de forma a obter o valor (€) médio em stock que a empresa tem ao longo do ano.

$$\text{Valor médio em stock (€)} = \text{WIP} \times \text{Valor unitário do produto final (€)}$$

Depois de saber o valor (€) médio existente ao longo do ano, multiplica-se esse valor por 25% (dado esta ser a percentagem estimada de perda ao fim do ano) e obtemos o custo que a organização tem por ano devido ao *WIP*:

$$\text{Custo médio (€/ano)} = \text{Valor médio em stock (€)} \times 25\%$$

Dado a base do bloco vir em custo por dia, teremos agora de fazer a respectiva conversão:

$$\text{Custo médio (€/dia)} = \frac{\text{Custo médio (€/ano)}}{365 \text{ (dias)}}$$



Esta informação é muito importante para todos os agentes decisores nesta matéria, pois este indica de forma clara, qual o custo diário que a empresa paga devido ao seu excesso de stocks.

3.2.4. *Takt Time* e *Cycle Time*

No eixo do *zz* ficam registados dois valores: *cycle time* (C/T) e o *takt time*, sendo que a altura é sempre definida pelo *takt time* em minutos. Estes dois valores ficam sempre sobrepostos, ficando a cor verde o *cycle time* (C/T) e cor laranja o *takt time*. O *cycle time* (C/T) é recolhido junto à máquina de forma ter o valor o mais próximo da realidade, e deverá vir sempre em minutos. O valor do *takt time* é calculado através do quociente entre o tempo de trabalho disponível por dia em minutos:

$$\text{Takt time} = \frac{\text{Tempo disponível para produzir (min./dia)}}{\text{Procura do cliente (pçs/dia)}}$$

Como resultado o *takt time* informará de quanto em quantos minutos a empresa deverá ter um produto final pronto para satisfazer a procura do cliente.

Ao analisar a parte frontal do bloco, conseguimos visualizar facilmente se o fluxo produtivo se encontra ou não balanceado. Para isso, é apenas necessário visualizar se a altura da “caixa verde” tem a mesma altura em todas as operações. Caso elas tenham a mesma altura, poderemos concluir que o fluxo produtivo encontra-se balanceado, caso contrário concluiremos que existe falta de balanceamento. Caso se verifique uma falta de balanceamento no fluxo produtivo, este será um indicador de uma fonte de desperdícios. Existiram paragens constantes numa actividade (B) a qual regista um tempo de ciclo inferior a actividade (A) que se encontra a montante, devido à falta de material para processar.

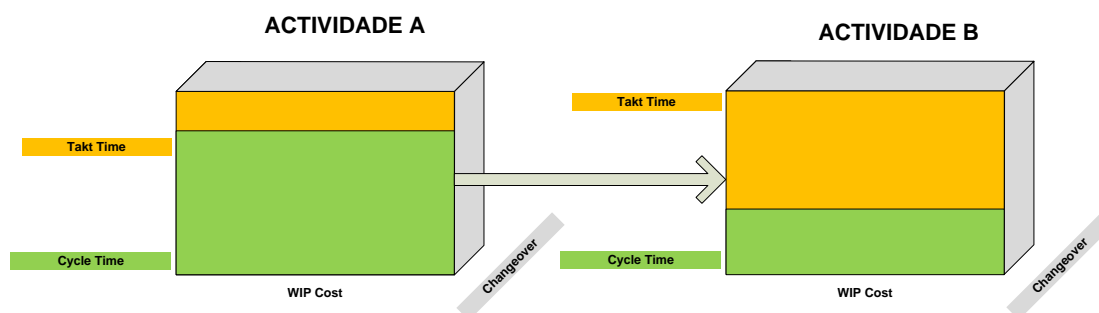




Figura 8 – Actividades sequenciais com a actividade A com um tempo de ciclo superior a actividade B

Poderá também registar-se a situação inversa, em que uma determinada actividade (B) tem um tempo de ciclo superior à actividade (A) que se encontra a montante e neste caso teremos então um local propício para a existência de um *WIP* elevado.

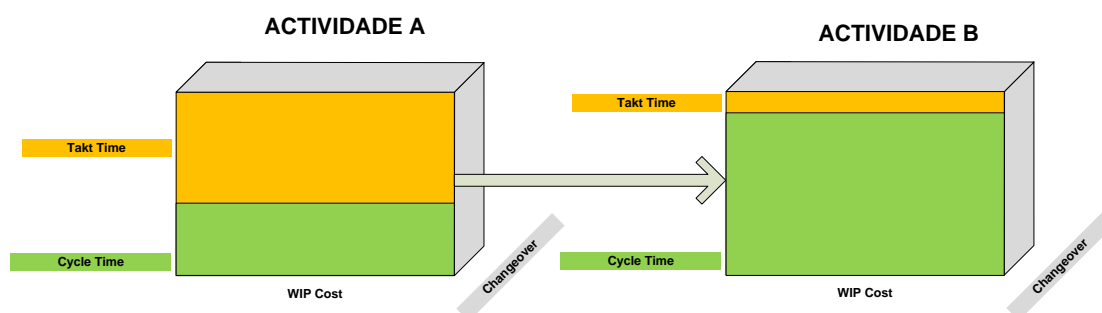


Figura 9 – Actividades sequenciais com a actividade A com um tempo de ciclo inferior a actividade B

Esta situação ocorre devido ao facto de a actividade (B) em causa ter uma cadência mais baixa de libertar produtos do que aquela com que recebe materiais para processar.

3.2.5. Overcapacity

Outra informação que se pode recolher dos *block icon*, tem a ver com a comparação entre o tempo de ciclo da actividade e a real necessidade dos clientes (*takt time*). Comparando o valor do *cycle time* com o *takt time* podemos detectar um excesso de capacidade produtiva (*overcapacity*), se o valor for superior a 0%. Essa poderá ser uma realidade caso o(s) equipamento(s) envolvido(s) seja(m) utilizado(s) exclusivamente para produção do artigo analisado pelo WID. Caso contrário, se o valor do *overcapacity* for negativo, nesta caso teremos um subdimensionamento do processo face às necessidades dos clientes finais. Esse será um indicador de um ponto de estrangulamento do processo produtivo. O valor do *overcapacity* será então:

$$Overcapacity = \frac{Takt\ Time - Cycle\ Time}{Takt\ Time} \times 100\%$$



Exemplo 1: Se uma actividade tiver um *takt time* de 5 minutos e o tempo de ciclo da actividade for de 2,5 minutos, então teremos o *overcapacity*:

$$\text{Overcapacity} = \frac{5 - 2,5}{5} \times 100\% = 50\%$$

O que dá um *overcapacity* igual a 50%. Na figura que se segue, consegue-se ver na actividade A, que a altura da caixa a cor laranja é igual a altura da caixa a cor verde pelo que visualmente se poderá concluir que neste caso, que existe um subaproveitamento da actividade, visto existir capacidade de produzir o dobro do que é necessário.

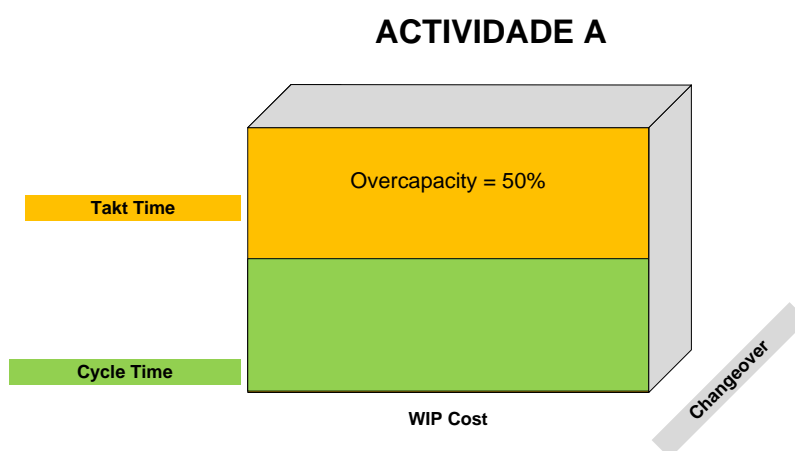


Figura 10 – Actividade com *overcapacity* de 50%

Esta situação representará também um desperdício para a organização, dado se ela estiver a produzir em contínuo faz aumentar o *WIP* existente. Caso o equipamento tenha de parar teremos custos (desperdícios) que terão de ser suportados pela organização sem que tenha qualquer retorno, tais como: amortizações do equipamento, aluguer do espaço, mão-de-obra parada, entre outros. Ou seja, tudo isto será *Non-Value Added* (NVA).

Como exemplo 2: Se uma actividade tiver um *takt time* de 20 minutos e o tempo de ciclo da actividade for de 19,5 minutos, então teremos o *overcapacity*:

$$\text{Overcapacity} = \frac{20 - 19,5}{20} \times 100\% = 2,5\%$$

O que dá um *overcapacity* igual a 2,5%. Na figura que se segue, consegue-se observar na actividade B, que a altura da caixa a cor verde é ligeiramente menor que



a caixa a cor laranja. Neste caso concreto, o tempo de ciclo praticamente coincide com a necessidade do cliente final (*takt time*).

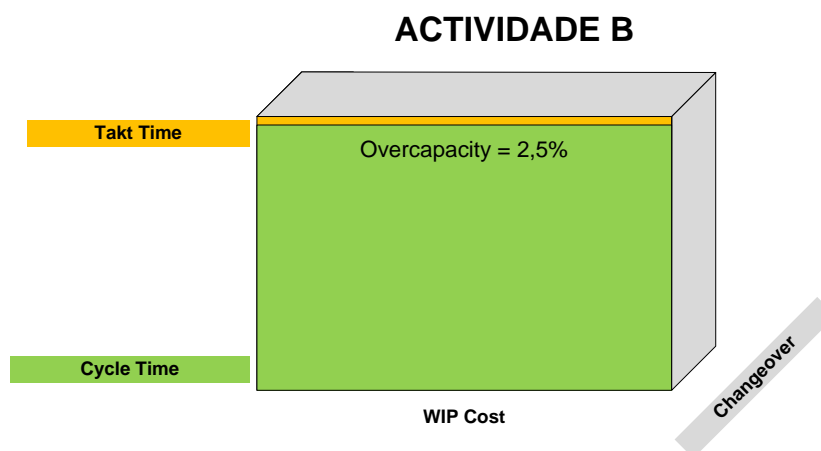


Figura 11 – Actividade com overcapacity de 2,5%

Esta situação é desejável dado que praticamente tudo o que esta actividade produzir, será necessário para satisfazer a necessidade do cliente (*takt time*). Os 2,5% de overcapacity não serão preocupantes, pois poderão suprimir paragens não planeadas.

Em síntese o ideal será ver sempre a parte frontal do *block icon* de cor verde, pois nestes casos dificilmente existirá *WIP* no processo devido a esta actividade.

3.2.6. *Transport Cost*

O *transport cost* tem como objectivo mostrar qual o custo diário que tem a empresa com os movimentos entre postos de trabalho, dado tratar-se de uma tarefa que não acrescenta qualquer valor ao produto final (*Non-Value Added* (NVA)). Sendo assim, tratar-se de mais um desperdício que deverá ser identificado facilmente para posteriormente ser minimizado.

O *transport cost* é representado por uma seta, que pretende representar a ligação entre duas actividades consequentes, onde na parte de baixo do vector estará indicado o custo diário desse mesmo movimento conforme figura que se segue:



Figura 12 – *Transport Cost*



O valor do custo estará reflectido na largura do vector e não no seu comprimento, sendo que será sempre importante manter a escala entre os valores de todas as deslocações de forma a não induzir em erro quem proceder à sua análise para tomada de decisões chave sobre o processo.

Na figura que se segue temos representado a actividade A, à qual tem associada uma actividade de entrega.

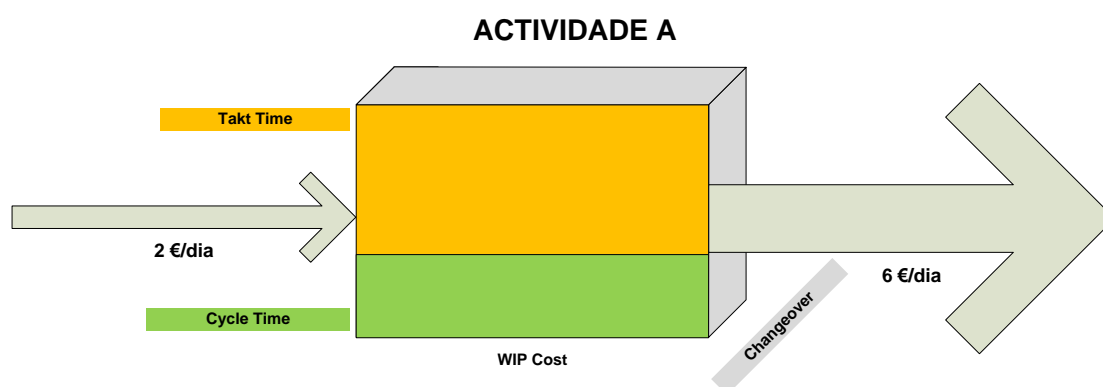


Figura 13 – Transport *Cost* de recepção e entrega relativos a actividade A

Da análise dos custos associados às actividades de recepção e entrega relativos à actividade A, concluímos pela largura do vector da actividade de entrega que tem um *transport cost* três vezes superior do que o vector que representa o *transport cost* associados à actividade de recepção. Esta informação que é transmitida pelas setas é facilmente compreendida por qualquer pessoa, e pode facilmente ser comprovada de forma objectiva pelo valor do *transport cost* que se encontra na parte inferior da seta.

Exemplo 3: Tenho um operador que demora 5 minutos a transportar manualmente uma peça do posto de trabalho A para o posto de trabalho B e regressar novamente ao posto de trabalho A. O custo hora que ele tem para a empresa é de 8,5 € e tem uma procura diária de 64 pçs. O custo por minuto será:

$$Quantidade / hora = \frac{64 \text{ pçs}}{8 \text{ h}} = 8 \text{ pçs/h}$$

Isto significa que terão de ser entregues 8 peças por hora, o que representa 8 movimentos por hora.



Cada transporte tem a duração de 5 minutos, pelo que convertendo em horas virá:

$$\text{Tempo / movimento} = \frac{5 \text{ min.}}{60 \text{ min.}} = 0,083 \text{ h/mov.}$$

Isto significa que o transporte terá a duração de 0,083 horas.

Por fim o custo por hora que tenho, será igual a:

$$\text{Transport Cost} = 8,5 \times 8 \times 0,083 = 5,644 \text{ €/h}$$

Em conclusão, isto significa que o custo (*Non-Valued Added*) que a organização se encontra a suportar por hora é de 5,644 € por cada hora de trabalho.

Para representar no *Waste Identification Diagram* (WID), utiliza-se um vector com uma largura de 5,644 cm, o que dimensiona o custo suportado por hora:

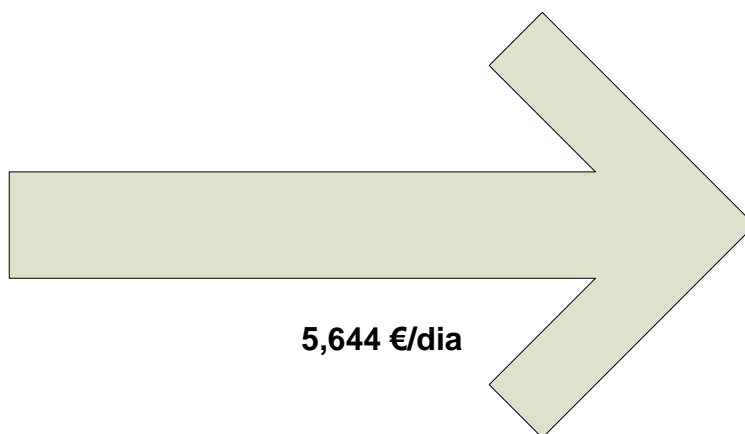


Figura 14 - Transport *Cost* entre duas actividades

O transporte dos produtos entre as actividades ou as saídas e entradas em armazém, podem ser efectuadas manualmente e/ou mecanicamente. De forma a facilitar a leitura e entendimento do *Waste Identification Diagram* (WID) por todas as partes interessadas, ao vector do *Transport Cost* é-lhe associado um dos seguintes ícones de forma a indicar de que forma é efectuada o transporte e a indicação da distância total percorrida. Os ícones são colocados na parte superior do vector.

Se o transporte é feito manualmente, é utilizado o seguinte ícone:



2,1 m

Figura 15 - Transporte manual

Se o transporte é feito de forma mecânica, é utilizado o seguinte ícone:



34,5 m

Figura 16 - Transporte mecânico

3.2.7. *Total Value Card*

O *Total Value Card* (TVC) tem como objectivo ser um cartão com a informação resumida sobre o que se está a passar no *gemba*, para ser entregue aos agentes decisores das organizações. Os resultados apresentados poderão mostrar algo preocupante com o que se está a passar, dado os custos totais apresentados resultaram de um somatório de vários tipos de desperdícios existentes ao longo do fluxo produtivo.

TOTAL VALUE CARD	
TAKT TIME =	
VALUE ADDED TIME (VA) =	
NON-VALUE ADDED TIME (NVA) =	
TOTAL CHANGEOVER =	
DISTANCE TRAVELED =	
TRANSPORT COST =	
WIP COST =	
TOTAL WAITING TIME =	
THROUGHPUT TIME =	

Tabela 2 - *Total Value Card*



O *Value-added (VA) Time* final, será o resultado do somatório de todas as actividades que acrescentaram valor ao produto final, e que o cliente está disposto a pagar por elas (Rother e Shook).

Já o *Non-value-added (NVA) Time*, resulta do somatório de todo o tempo que o produto esteve a circular pela empresa, sem ter recebido qualquer tipo de valor acrescentado. Entre eles temos: “*waiting*” que é o tempo total que o artigo esteve parado à espera de entrar em processo; “*transport*” que é o tempo total que o artigo esteve em movimento desde a saída do armazém de matéria-prima até a entrada no armazém de produto acabado; “*inspection*” que são todas as actividades de inspecção realizados ao longo do fluxo produtivo, entre outras. (Nash e Poling)

O “*Throughput Time*” também chamado de “*Process Lead Time*” por Nasch e Poling, não é mais do que o tempo que leva a produzir um artigo. O valor final será a soma dos tempos das actividades que acrescentam valor (*Value-added (VA) Time*), com os tempos de duração das actividades que não acrescentaram valor (*Non-value-added (NVA) Time*) ao produto final.

Caso os dados apresentados pelo *Total Value Card (TVC)* apresentem-se críticos, terá de passar-se à fase seguinte para analisar com detalhe o *Waste Identification Diagram (WID)* e ver onde estão localizados os desperdícios. A localização dos desperdícios é fundamental para as empresas, principalmente nos dias de hoje, pois é aí que a empresa está a perder o seu capital. É de todo impossível tentar traçar uma estratégia de eliminação de desperdícios e de custos, sem antes saber onde eles se encontram e de que tipo é que são.



4. ESTUDO DE CASO PRÁTICO

4.1. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A RUBETE – Equipamentos Industriais, S.A. foi a empresa utilizada para o estudo de caso. Esta empresa dedica-se a produção de compressores e reservatórios de variada capacidade. Na figura que segue encontra-se representado o layout actual da empresa, com a indicação do fluxo produtivo.

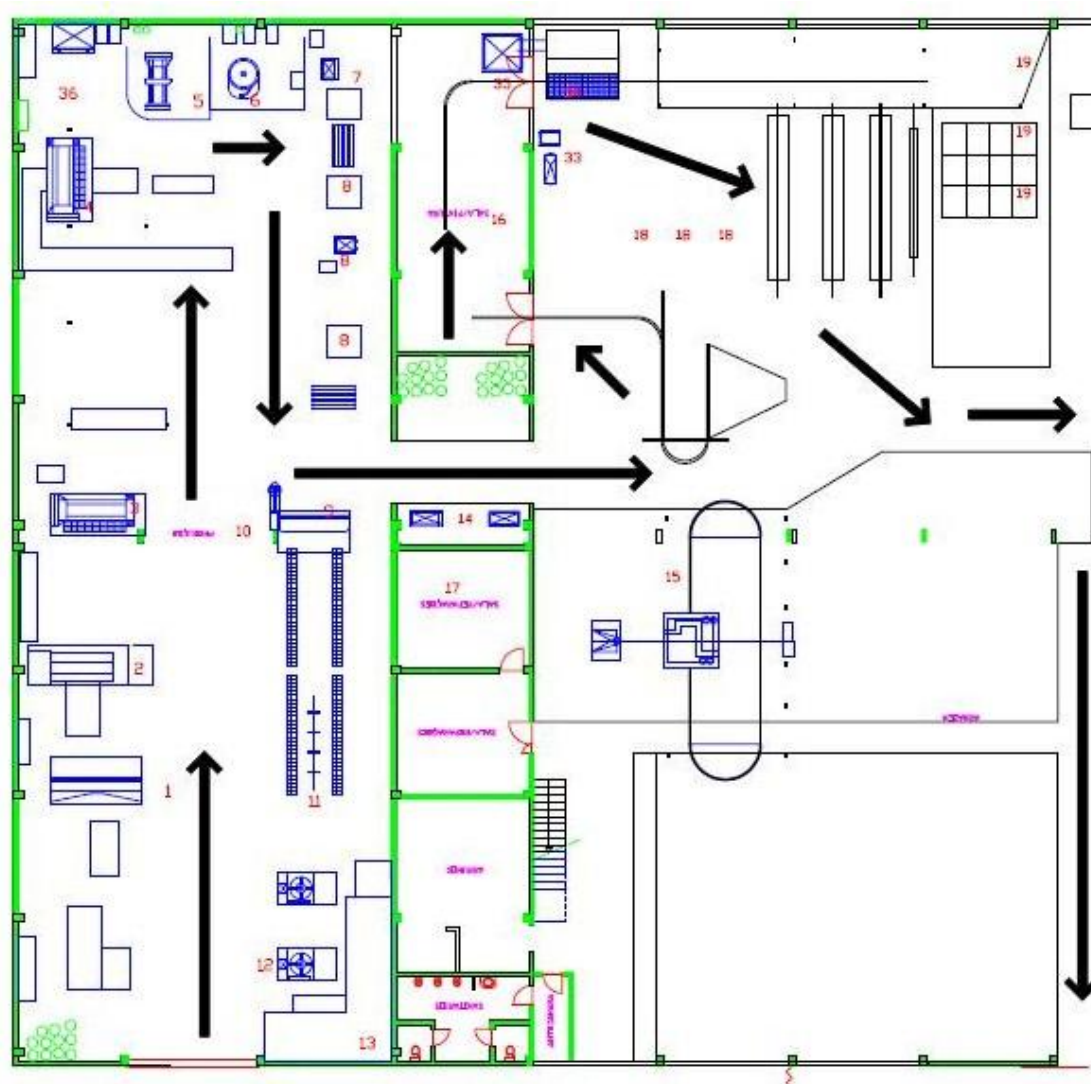


Figura 17 – Layout da Rubete com a indicação do fluxo produtivo



1 – Guilhotina Hidráulica	9 – Quinadeira hidráulica
2 – Calandra	10 – Puncionadora
3 – Máquina – arco submerso longitudinal	11 – Rede de ensaio
4 – Máquina – arco submerso de soldadura circular	12 – Balancé
5 – Soldadura semi-automática	14 – Compressores
7 – Soldadura semi-automática	15 – Máquina de decapagem
8 – Banca de montagem	16 – Pintura
	18 – Banca de montagem de compressores

Para a realização da sua produção ele recebe dos seus fornecedores os seguintes componentes:

- Chapa
- Fundos
- Motor
- Cabeça

Actualmente o processo de fabrico está orientado por ordens de produção, que são emitidas pelo responsável de produção, quer as encomendas existentes e a estimativa de novas encomendas.

A produção dos compressores está subdividida em quatro grandes áreas de trabalho, que são:

- Recepção de materiais
- Conformação
 - Corte
 - Furação
 - Calandragem
- Soldadura
 - Soldadura longitudinal por arco submerso
 - Colocação dos fundos
 - Soldadura circular dos fundos por arco submerso
 - Montagem manual da caldeiraria
- Pintura
 - Decapagem



➡ Pintura manual

- Montagem e Embalagem
- Armazenagem do produto final

4.1.1. Recepção de materiais

Os pedidos de encomenda são efectuados tendo em conta as quantidades de compressores/reservatórios a produzir, bem como os descontos de quantidade. Após efectuada a encomenda por parte da RUBETE, os fornecedores efectuem a sua entrega de acordo com os prazos e condições acordadas entre ambas as partes.

O fiel de armazém é o responsável pela confirmação qualitativa e quantitativa, tendo em conta a referência e quantidade entregue com base na nota de encomenda.



Figura 18 – Recepção de chapas



Figura 19 – Recepção de fundos



4.1.2. Armazenamento

Após a confirmação qualitativa e quantitativa dos materiais recepcionados por parte do fiel de armazém, estes são colocados nos locais definidos para cada um deles. Os materiais ficam em stock até que entre em produção a ordem de produção ao qual está afectada esse mesmo material.



Figura 20 – Armazenamento da chapa

4.1.3. Conformação

A fase de conformação do compressor refere-se à fase inicial do processo produtivo, em se dá a forma cilíndrica do reservatório à chapa recepcionada do exterior.

Corte

O processo produtivo é iniciado com o processo de corte na guilhotina. Para movimentar e colocar a chapa na guilhotina, são necessários dois colaboradores para a realização da operação devido às dimensões e peso da chapa. Para iniciar o processo de corte existe a necessidade da preparação da guilhotina para a realização do corte da chapa. A preparação da guilhotina para a execução do corte, passa essencialmente pelo posicionando do batente da medida. Logo que a operação de preparação esteja concluída, são necessários dois operadores para a colocação da chapa no local de corte. Finalmente a chapa é cortada de acordo com as medidas indicadas no projecto.



Figura 21 – Guilhotina

Furação

Depois da operação de corte, as chapas seguem para a furação, para serem feitas as aberturas nas chapas que serão necessários para a montagem da caldeiraria mais à frente. As chapas são colocadas em lotes, estando a dimensão dos lotes condicionada à espessura das chapas. Seguidamente, é feita a marcação manual na parte superior do lote a furar, de forma a ficar assinalado onde é que a máquina terá de furar. As chapas são então presas a base da máquina com uns grampos e finalmente é furado o lote nas várias posições marcadas na chapa superior do lote.

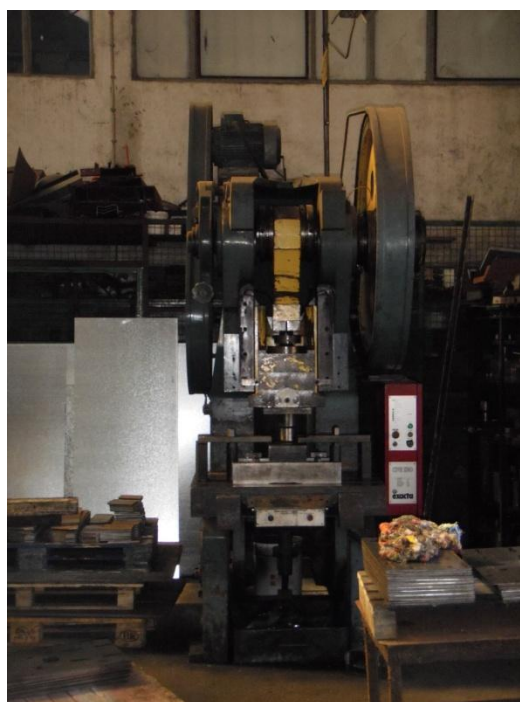


Figura 22 – Balancé



Calandragem

A operação seguinte passa por dar forma à chapa, de forma a ficar moldada para a execução das tarefas seguintes. A primeira operação passa pela preparação da máquina, a qual consiste no posicionamento dos rolos em função da espessura da chapa. Seguidamente, as chapas são colocadas individualmente na calandra, com o objectivo de dar início ao processo de enrolamento da chapa. No final do enrolamento são dados dois pingos de soldadura, com o objectivo de manter a forma circular da chapa pretendida até à realização da soldadura longitudinal.



Figura 23 – Calandra

4.1.4. Soldadura

A fase da soldadura é a fase seguinte do processo produtivo na qual são realizadas todas as actividades de preparação e soldadura, que permitem concluir a fase de elaboração do reservatório.

Soldadura longitudinal por arco submerso

Seguidamente, passa-se para soldadura longitudinal por arco submerso. O primeiro passo consiste na definição dos parâmetros de soldadura, os quais passam pela definição da voltagem e amperagem adequadas. O operador verifica a espessura da chapa com o objectivo de seleccionar o diâmetro do fio de soldadura adequado. Seguidamente, é colocada a chapa calandrada e pingada na máquina para a realização da soldadura. É iniciado então o processo de soldadura onde o calor necessário para



fundir o metal, vem do arco eléctrico o qual tem origem entre o metal a soldar e a ponta do arame da soldadura. A ponta do arame de soldadura, o arco eléctrico e o metal que está a ser soldado, são cobertos por uma camada de material de origem mineral, o que faz com que não se veja o arco visível devido ao facto de este ficar submerso.

No final da realização da soldadura o operador efectua uma inspecção visual de forma a detectar se a soldadura foi efectuada de forma homogénea e se existe algum tipo de defeito (ex.: micro fissuras, micro rechupes, porosidades, inclusões, forma do cordão, penetração da soldadura, etc.).



Figura 24 – Máquina de soldar longitudinalmente por arco submerso

Colocação de fundos

A operação de colocação dos fundos é iniciada com o operador a pegar no cilindro soldado e colocá-lo na prensa. Seguidamente, é colocado manualmente os fundos nos topos, e estes são fixados com a prensa, sendo necessários por vezes martelar os fundos para auxiliar o encaixe. Quando finalmente o fundo fica na posição correcta, ele é pingado para garantir que os fundos permaneçam na posição pretendida.



Figura 25 – Operação de colocação de fundos

Soldadura circular dos fundos por arco submerso

Na soldadura dos fundos por arco submerso, o processo é bastante idêntico à soldadura descrita anteriormente. Inicialmente, procede-se à definição dos parâmetros de soldadura, os quais passam pela definição da voltagem e amperagem. O operador é obrigado a verificar a espessura da chapa para seleccionar o diâmetro do fio de soldadura mais adequado para a espessura da chapa a soldar. É colocado o reservatório na máquina para a realização da soldadura. E realiza-se a soldadura dos topos, que é idêntica à soldadura longitudinal.

No final da realização da soldadura o operador efectua uma inspecção visual de forma a detectar se a soldadura foi efectuada de forma homogénea e se existe algum tipo de defeito (ex.: micro fissuras, micro rechupes, porosidades, inclusões, forma do cordão, penetração da soldadura, etc.).



Figura 26 – Máquina de soldar circular dos fundos por arco submerso

Montagem da caldeiraria

A montagem da caldeiraria é uma actividade manual. O reservatório é colocado na banca de trabalho com o apoio de gabarits para serem soldados através da soldadura MIG, utilizando eléctrodos revestidos, de forma a soldar os diversos componentes (ex: apoios, patas, argolas, etc.).



Figura 27 – Banca de montagem da caldeiraria

4.1.5. Pintura

A fase da pintura envolve todas as operações de preparação e execução da pintura, desde o processo de decapagem até a pintura final.



Decapagem

Nesta fase inicia-se a fase de preparação da pintura através da limpeza do reservatório, através da decapagem. Inicialmente é executado um desgorduramento inicial, sobre a superfície do reservatório. Seguidamente, são colocados tacos em todos os orifícios que foram abertos aquando da furação no balancé, de forma a evitar a penetração de granalha no interior do reservatório. Seguidamente, de forma mecânica os reservatórios são pendurados no carril da decapagem, e conduzidos para dentro da máquina. É realizada então a decapagem dos reservatórios no interior da máquina. Por fim os reservatórios são retirados do carril e são removidos os tacos do reservatório.



Figura 28 – Máquina de decapar

Pintura manual

São retirados os picos de soldadura com um escopro. Os reservatórios são desgordurados manualmente. É aplicado um primário no reservatório com o objectivo de proteger melhor o metal da corrosão e permitir também uma melhor aderência da tinta final. Por fim é aplicado a tinta com a cor final do reservatório.



Figura 29 – Pintura manual

4.1.6. Montagem & embalagem

Antes de iniciar a etapa de montagem dos compressores, são separados os componentes a montar no compressor. Numa primeira fase, os reservatórios são colocados na banca de montagem manual. É realizada a assemblagem do compressor, onde são alocados todos os componentes e acessórios necessários. Por último, é efectuado um ensaio de funcionamento com o intuito de verificar que o mesmo se encontra em bom estado.



Figura 30 – Banca de montagem do compressor



4.1.7. Armazenagem do produto final

Após a realização dos ensaios definidos e de embalar o compressor estes são, com o apoio do empilhador, armazenados na zona pré-definida no armazém comercial, ficando a aguardar até serem enviados para o cliente final.



Figura 31 - Armazenamento do produto final

4.2. ANÁLISE DO FLUXO PRODUTIVO DA RUBETE ATRAVÉS DO WASTE IDENTIFICATION DIAGRAM (WID) – Situação Presente

A escolha da empresa Rubete para o estudo de caso, para a aplicação do *Waste Identification Diagram*, não foi feita ao acaso. A escolha foi feita tendo em conta alguma desorganização detectada ao longo do seu fluxo produtivo e ter-se constatado que existiam uma série de desperdícios ao longo do mesmo. Os desperdícios que mais sobressaíam ao longo da empresa eram:

- *WIP* elevados entre os postos de trabalho
- Equipamentos parados
- E grandes distâncias entre postos de trabalho

No anexo 1 estão identificados através de várias fotografias, a existência de elevados *WIP* ao longo do fluo produtivo.



Quando confrontados os responsáveis com o facto de existir elevado *WIP*, a resposta que obtida foi de que a empresa sempre tinha laborado dessa forma e que devido ao tipo de artigo produzido, com todas as operações produtivas associadas, não havia outra forma de o fazer.

A forma de mostrar como se poderia reorganizar a parte produtiva da empresa, passou por mostrar de forma clara à gestão de topo os desperdícios existentes ao longo do fluxo produtivo, bem como os custos que estes acarretavam para a empresa.

Dado o conceito da filosofia *lean* consistir em produzir apenas o que o cliente precisa quando ele for necessário (Womack e Jones), o primeiro passo consistiu em saber qual o produto que tinha maior procura por parte dos clientes e a procura média mensal. A informação obtida foi que os produtos que tinham mais saída eram os reservatórios de 100 L e a procura média mensal deste artigo situava-se na ordem dos 34 compressores por mês, sendo que o custo unitário deste artigo situava-se nos 300€. Esta informação permitiu-nos calcular o *takt time* que define a cadência com a qual devem sair compressores para o cliente (Nash e Poling). Sabendo a procura mensal, e considerando que um mês em média tem 22 dias úteis, obtém-se a procura média diária do cliente:

$$Procura\ diária = \frac{34\ compressores/mês}{22\ dias\ úteis/mês} = 1,55\ compressores/dia$$

Ou seja, a procura média diária de compressores é de 1,55 compressores. A partir desse valor, calculamos o *takt time* que nos dará a informação sobre com que periodicidade a empresa deverá ter um produto final pronto para satisfazer a procura do cliente. O valor do *takt time* será então:

$$Takt\ time = \frac{8\ horas}{1,55\ compressores/dia} = 5,16\ horas$$

Com este valor, sabemos agora que a empresa tem de ter um compressor de 100 L pronto, de 5,16 horas em 5,16 horas.

A recolha da informação para a elaboração do *Waste Identification Diagram* deve ser feita sempre no *Gemba*, pois é aí que os problemas acontecem e não há nada como ir lá ver o que realmente se está a passar - *Gembutsu* (Masaaki Imai), para depois definir o conjunto de acções mais adequadas.



No que se refere à informação necessária para o cálculo do *transport cost*, temos que:

- Custo hora-homem = 7,5 €/hora
- Custo hora-empilhador = 1,5 €/hora

Se o transporte for manual será considerado o valor de 7,5 €/hora, no entanto se o transporte for feito com o auxílio do empilhador o custo será:

$$\text{Custo Total} = \text{Custo hora} - \text{homem} + \text{Custo hora} - \text{empilhador}$$

$$\text{Custo Total} = 7,5 + 1,5 + 9 \text{ €/hora}$$

O custo final no transporte mecânico com o empilhador é de 9 €/hora.

O início da aplicação da ferramenta *Waste Identification Diagram* é no armazém de produto acabado, e tem como objectivo seguir o fluxo produtivo no sentido oposto ao qual ele ocorre.

4.2.1. Armazém de Produto Acabado

No armazém de produto acabado verifica-se que em média existem quatro compressores de 100 L em stock. A quantidade de produto final existente em stock mostra um *waiting* de:

$$\text{Waiting}_{\text{armazém de produto acabado}} = \frac{4 \text{ compressores}}{1,55} = 2,58 \text{ dias}$$

Isto significa que em média a empresa possui um stock de produto acabado, para 2, 58 dias.

O valor do custo médio diário resultante do stock existente no armazém de produto acabado, é:

$$\text{Valor em Stock} = 4 \text{ compressores} \times 300 \text{ €} = 1.200 \text{ €}$$

A perda anual resultante desse stock existente em armazém é:

$$\text{Perda Anual} = 1.200 \text{ €} \times 25\% = 300 \text{ €/ano}$$



$$\text{Perda Diária} = \frac{300}{365 \text{ dias}} = 0,822 \text{ €/dia}$$

O *transport cost* do transporte do produto acabado para o armazém de produto final é realizado com o auxílio de um empilhador pelo que o custo é de 9 €/hora, e dado que diariamente eles trabalham 8 horas, o custo dia é de:

$$\text{Daily Cost} = 9 \text{ €/hora} \times 8 \text{ horas} = 72 \text{ €/dia}$$

O custo para um dia de 8 horas é de 72 €/dia. A distância total percorrida em cada transporte (a qual inclui o levantamento, transporte e regresso) é de 150 m, e a sua duração é de 9,93 minutos. Convertendo a duração em dias, vem que:

$$\text{Transport Time} = \frac{9,93 \text{ min.}}{60 \text{ min.} \times 8 \text{ horas}} = 0,021 \text{ dias/transport}$$

Sabendo que diariamente o operador efectua 1,55 transportes, o *Transport Cost* será igual a:

$$\text{Transport Cost} = 0,021 \times 1,55 \times 72 = 2,34 \text{ €/dia}$$

Por fim acresce a actividade de inspecção, a qual tem uma duração de 3 minutos. Convertendo em dias vem que:

$$\text{Inspection Time} = \frac{3 \text{ minutos}}{60 \times 8} = 0,0063 \text{ dias}$$

Como conclusão teremos então:

PRODUTO ACABADO (ARMAZÉM)
STOCK = 4 Compressores
WAITING TIME = 2,58 dias
INSPECTION = 0,0063 dias
NON-VALUE ADDED TIME = 2,61 dias

Tabela 3 – Dados relativos ao armazém de produto acabado

A partir dos resultados obtidos anteriormente, procede-se ao desenho da realidade da actividade de armazenagem do produto final, utilizando os ícones previstos no *Waste Identification Diagram* (WID), o qual se encontra na figura abaixo.

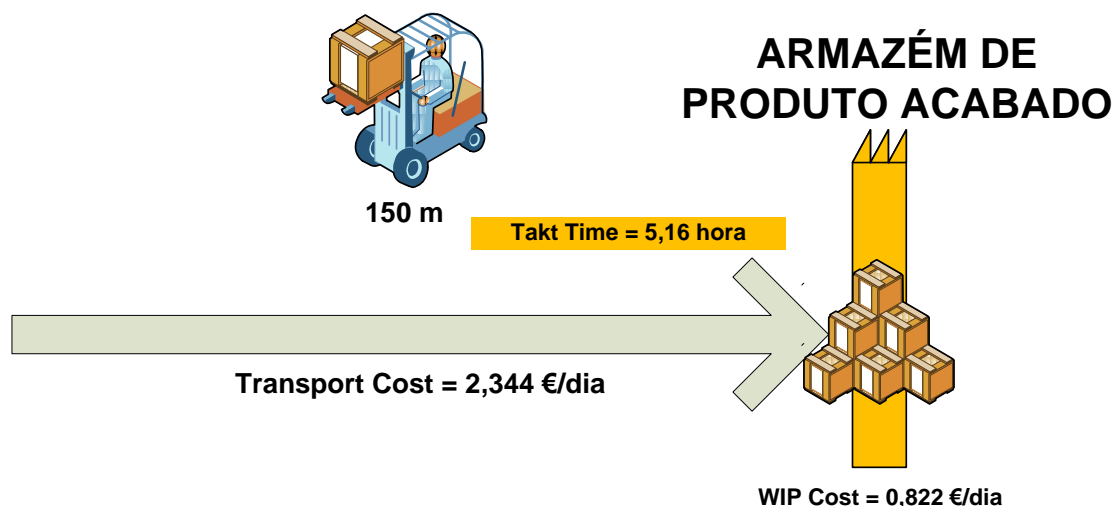


Figura 32 - WID do armazém do produto final

4.2.2. Montagem & Embalagem

A montante da área de montagem & embalagem verifica-se que em média existem 18 reservatórios de 100 L em stock. O *WIP* existente mostra um *waiting* de:

$$Waiting_{montagem \& embalagem} = \frac{18 \text{ reservatórios}}{1,55} = 11,61 \text{ dias}$$

Isto significa que em média a empresa possui um *WIP* na área de montagem & embalagem, para 11, 61 dias.

O valor do custo médio diário resultante do stock existente no armazém de produto acabado, é:

$$Valor \text{ em Stock} = 18 \text{ reservatórios} \times 300 \text{ €} = 5.400 \text{ €}$$

A perda anual resultante desse *WIP* é:

$$Perda \text{ Anual} = 5.400 \text{ €} \times 25\% = 1.350 \text{ €/ano}$$

$$Perda \text{ Diária} = \frac{1.350}{365 \text{ dias}} = 3,70 \text{ €/dia}$$

O *transport cost* do transporte dos reservatórios da área da pintura para a área de montagem & embalagem é realizado com o auxílio de um empilhador pelo que o custo é de 9 €/hora, e dado que diariamente eles trabalham 8 horas, o custo dia é de:



$$\text{Daily Cost} = 9 \text{ €/hora} \times 8 \text{ horas} = 72 \text{ €/dia}$$

O custo para um dia de 8 horas é de 72 €/dia. A distância total percorrida em cada transporte (a qual inclui o levantamento, transporte e regresso) é de 71 m, e a sua duração é de 5,92 minutos. Convertendo a duração em dias, vem que:

$$\text{Transport Time} = \frac{5,92 \text{ min.}}{60 \text{ min.} \times 8 \text{ horas}} = 0,012 \text{ dias/transport}$$

Sabendo que diariamente o operador efectua 1,55 transportes, o *Transport Cost* será igual a:

$$\text{Transport Cost} = 0,012 \times 1,55 \times 72 = 1,34 \text{ €/dia}$$

Por fim acresce a actividade de inspecção, a qual tem uma duração de 15 minutos. Convertendo em dias vem que:

$$\text{Inspection Time} = \frac{15 \text{ minutos}}{60 \times 8} = 0,0313 \text{ dias}$$

O tempo de ciclo do produto (*cycle time*) da montagem & embalagem é igual a 30 minutos, que convertendo em horas dá:

$$\text{Cycle Time} = \frac{30 \text{ minutos}}{60 \text{ minutos}} = 0,5 \text{ horas}$$

Comparando o valor do *cycle time* com o *takt time* obtemos o valor do *overcapacity*. Sendo assim, o *overcapacity* será igual a:

$$\text{Overcapacity} = \frac{5,16 - 0,5}{5,16} \times 100\% = 90,3\%$$

O que dá um capacidade acima do que é necessário no valor de 90,3%.

O tempo de preparação (*changeover*) de área de trabalho da actividade de montagem & embalagem é de 1 minuto. Dado que temos de ter os tempos em hora para no final serem comparados, vem que:

$$\text{Changeover} = \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ minutos}} = 0,017 \text{ horas}$$

Como conclusão teremos então:



MONTAGEM & EMBALAGEM
WIP = 18 reservatórios
WAITING TIME = 11,61 dias
INSPECTION = 0,0313 dias
NON-VALUE ADDED TIME = 11,65 dias

Tabela 4 - Dados relativos à montagem & embalagem

A partir dos resultados obtidos anteriormente, procede-se ao desenho da realidade da actividade de montagem & embalagem, utilizando os ícones previstos no *Waste Identification Diagram* (WID), o qual se encontra na figura abaixo.

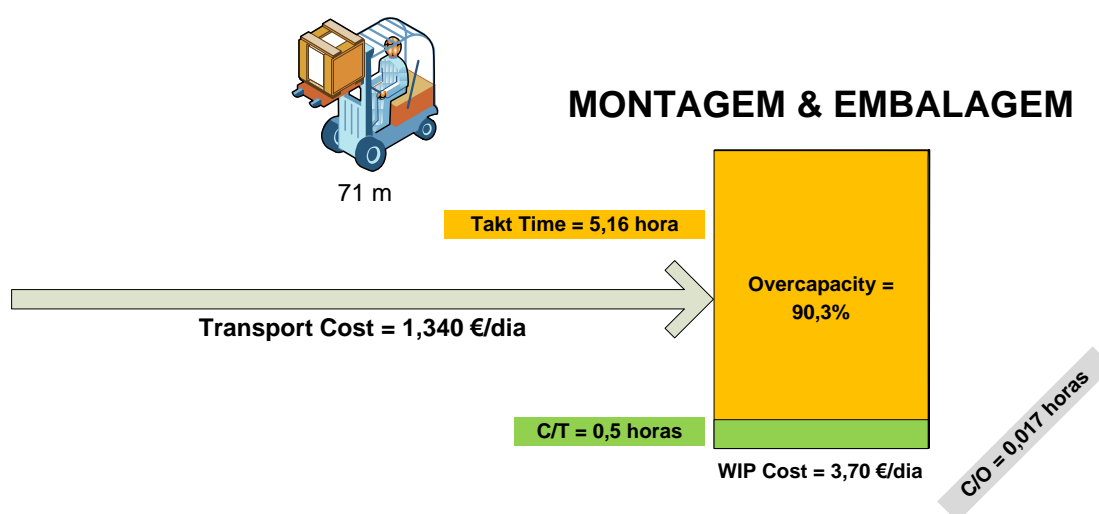


Figura 33 - WID da montagem & embalagem

4.2.3. Pintura

A montante da área de pintura verifica-se que em média existem 86 reservatórios de 100 L em stock. Sendo que o *WIP* existente resulta num *waiting* de:

$$Waiting_{pintura} = \frac{86 \text{ reservatórios}}{1,55} = 55,48 \text{ dias}$$

Isto significa que em média a empresa possui um *WIP* a montante da pintura, de 55, 48 dias.

O valor do custo médio diário resultante do stock existente no armazém de produto acabado, é:



$$\text{Valor em Stock} = 86 \text{ reservatórios} \times 300 \text{ €} = 25.800 \text{ €}$$

A perda anual resultante desse WIP é:

$$\text{Perda Anual} = 25.800 \text{ €} \times 25\% = 6.450 \text{ €/ano}$$

$$\text{Perda Diária} = \frac{6.450}{365 \text{ dias}} = 17,67 \text{ €/dia}$$

O *transport cost* do transporte dos reservatórios da área de soldadura para a área da pintura é realizado com o auxílio de um empilhador pelo que o custo é de 9 €/hora, e dado que diariamente eles trabalham 8 horas, o custo dia é de:

$$\text{Daily Cost} = 9 \text{ €/hora} \times 8 \text{ horas} = 72 \text{ €/dia}$$

O custo para um dia de 8 horas é de 72 €/dia. A distância total percorrida em cada transporte (a qual inclui o levantamento, transporte e regresso) é de 98,8 m, e a sua duração é de 5,76 minutos. Convertendo a duração em dias, vem que:

$$\text{Transport Time} = \frac{5,76 \text{ min.}}{60 \text{ min.} \times 8 \text{ horas}} = 0,012 \text{ dias/transport}$$

Sabendo que diariamente o operador efectua 1,55 transportes, o *Transport Cost* será igual a:

$$\text{Transport Cost} = 0,012 \times 1,55 \times 72 = 1,34 \text{ €/dia}$$

Por fim acresce a actividade de inspecção, a qual tem uma duração de 5 minutos. Convertendo em dias vem que:

$$\text{Inspection Time} = \frac{5 \text{ minutos}}{60 \times 8} = 0,0104 \text{ dias}$$

O tempo de ciclo (*cycle time*) da pintura é de 65 minutos, o qual convertendo em horas dá:

$$\text{Cycle Time} = \frac{65 \text{ minutos}}{60 \text{ minutos}} = 1,08 \text{ horas}$$

Comparando o valor do *cycle time* com o *takt time* obtemos o valor do *overcapacity*. Sendo assim, o *overcapacity* será igual a:



$$Overcapacity = \frac{5,16 - 1,08}{5,16} \times 100\% = 79\%$$

O que dá uma capacidade acima do que é necessário no valor de 79%.

O tempo de preparação (*changeover*) de área da pintura é de 12 minutos. Dado que temos de ter os tempos em hora para no final serem comparados, vem que:

$$Changeover = \frac{12 \text{ minuto}}{60 \text{ minutos}} = 0,2 \text{ horas}$$

Como conclusão teremos então:

PINTURA
WIP = 86 reservatórios
WAITING TIME = 55,48 dias
INSPECTION = 0,0104 dias
NON-VALUE ADDED TIME = 55,50 dias

Tabela 5 - Dados relativos à pintura

A partir dos resultados obtidos anteriormente, procede-se ao desenho da realidade da actividade de pintura, utilizando os ícones previstos no *Waste Identification Diagram* (WID), o qual se encontra na figura abaixo.

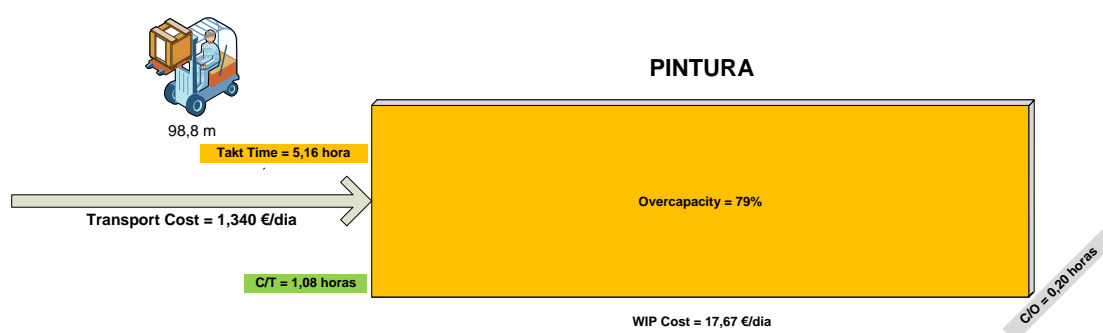


Figura 34 - WID da pintura

4.2.4. Soldadura

A montante da área de pintura verifica-se que em média existem 38 reservatórios de 100 L em stock. Sendo que o *WIP* existente resulta num *waiting* de:



$$Waiting_{soldadura} = \frac{38 \text{ reservatórios}}{1,55} = 24,52 \text{ dias}$$

Isto significa que em média a empresa possui um *WIP* a montante da soldadura, de 24,52 dias.

O valor do custo médio diário resultante do stock existente no armazém de produto acabado, é:

$$Valor \text{ em Stock} = 38 \text{ reservatórios} \times 300 \text{ €} = 11.400 \text{ €}$$

A perda anual resultante desse *WIP* é:

$$Perda \text{ Anual} = 11.400 \text{ €} \times 25\% = 2.850 \text{ €/ano}$$

$$Perda \text{ Diária} = \frac{2.850}{365 \text{ dias}} = 7,81 \text{ €/dia}$$

O *transport cost* do transporte dos reservatórios da área de conformação para a área de pintura é realizado manualmente e requer a presença de dois colaboradores, o que representa o seguinte custo por hora:

$$Transport \text{ Cost} = 2 \text{ pessoas} \times 7,5 \text{ €} = 15 \text{ €/hora}$$

O que representa custo por hora de 15 €/hora. Dado que diariamente são trabalhadas 8 horas, o custo por dia é de:

$$Daily \text{ Cost} = 15 \text{ €/hora} \times 8 \text{ horas} = 120 \text{ €/dia}$$

O custo para um dia de 8 horas de trabalho é de 120 €/dia. A distância total percorrida em cada transporte (a qual inclui o levantamento, transporte e regresso) é de 49,8 m e a tem a duração de 3,64 minutos. Convertendo a duração em dias, vem que:

$$Transport \text{ Time} = \frac{3,64 \text{ min.}}{60 \text{ min.} \times 8 \text{ horas}} = 0,008 \text{ dias/transport}$$

Sabendo que diariamente o operador efectua 1,55 transportes, o *Transport Cost* será igual a:

$$Transport \text{ Cost} = 0,008 \times 1,55 \times 120 = 1,488 \text{ €/dia}$$



Por fim acresce a actividade de inspecção, a qual tem uma duração de 10 minutos. Convertendo em dias vem que:

$$Inspection Time = \frac{10 \text{ minutos}}{60 \times 8} = 0,0208 \text{ dias}$$

O tempo de ciclo do produto (*cycle time*) da soldadura é de 47,2 minutos, o qual convertendo em horas dá:

$$Cycle Time = \frac{65 \text{ minutos}}{60 \text{ minutos}} = 0,79 \text{ horas}$$

Comparando o valor do *cycle time* com o *takt time* obtemos o valor do *overcapacity*. Sendo assim, o *overcapacity* será igual a:

$$Overcapacity = \frac{5,16 - 0,79}{5,16} \times 100\% = 84,7\%$$

O que dá um capacidade acima do que é necessário no valor de 84,7%.

O tempo de preparação (*changeover*) das soldaduras é de aproximadamente 71 minutos. Dado termos a necessidade de no final ter os tempos em hora para serem comparados, vem que:

$$Changeover = \frac{71 \text{ minuto}}{60 \text{ minutos}} = 1,18 \text{ horas}$$

Como conclusão teremos então

SOLDADURA
WIP = 38 chapas
WAITING TIME = 24,52 dias
INSPECTION = 0,0208 dias
NON-VALUE ADDED TIME = 24,55 dias

Tabela 6 - Dados relativos à soldadura

A partir dos resultados obtidos anteriormente, procede-se ao desenho da realidade da actividade de soldadura, utilizando os ícones previstos no *Waste Identification Diagram* (WID), o qual se encontra na figura abaixo.

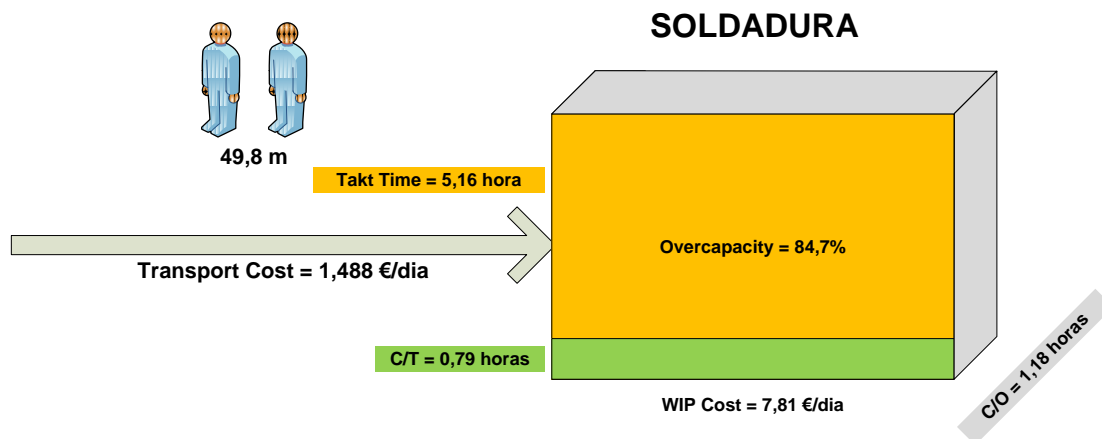


Figura 35 - WIP da soldadura

4.2.5. Conformação

A montante da área de conformação temos o armazém de matérias-primas, a qual regista em média a existência de 117 chapas para reservatórios de 100 L em stock. Sendo que o stock existente resulta num *waiting* de:

$$Waiting_{conformação} = \frac{117 \text{ chapas}}{1,55} = 75,48 \text{ dias}$$

Isto significa que em média a empresa possui um stock a montante da conformação, de 75,48 dias.

O valor do custo médio diário resultante do stock existente no armazém de produto acabado, é:

$$Valor \text{ em Stock} = 117 \text{ chapas} \times 300 \text{ €} = 35.100 \text{ €}$$

A perda anual resultante desse WIP é:

$$Perda \text{ Anual} = 35.100 \text{ €} \times 25\% = 8.775 \text{ €/ano}$$

$$Perda \text{ Diária} = \frac{8.775}{365 \text{ dias}} = 24,04 \text{ €/dia}$$

O *transport cost* do transporte das chapas do armazém de matérias-primas para a área de conformação é realizado manualmente e requer a presença de dois colaboradores, o que representa o seguinte custo por hora:



$$\text{Transport Cost} = 2 \text{ pessoas} \times 7,5 \text{ €} = 15 \text{ €/hora}$$

O que representa um custo por hora de 15 €/hora. Dado que diariamente são trabalhadas 8 horas, o custo por dia é de:

$$\text{Daily Cost} = 15 \text{ €/hora} \times 8 \text{ horas} = 120 \text{ €/dia}$$

O custo para um dia de 8 horas de trabalho é de 120 €/dia. A distância total percorrida em cada transporte (a qual inclui o levantamento, transporte e regresso) é de 16 m e a tem a duração de 3,21 minutos. Convertendo a duração em dias, vem que:

$$\text{Transport Time} = \frac{3,21 \text{ min.}}{60 \text{ min.} \times 8 \text{ horas}} = 0,007 \text{ dias/transport}$$

Sabendo que diariamente o operador efectua 1,55 transportes, o *Transport Cost* será igual a:

$$\text{Transport Cost} = 0,007 \times 1,55 \times 120 = 1,302 \text{ €/dia}$$

Por fim acresce a actividade de inspecção, a qual tem uma duração de 5 minutos. Convertendo em dias vem que:

$$\text{Inspection Time} = \frac{5 \text{ minutos}}{60 \times 8} = 0,0104 \text{ dias}$$

O tempo de ciclo do produto (*cycle time*) da conformação é de 10,6 minutos, o qual convertendo em horas dá:

$$\text{Cycle Time} = \frac{10,6 \text{ minutos}}{60 \text{ minutos}} = 0,18 \text{ horas}$$

Comparando o valor do *cycle time* com o *takt time* obtemos o valor do *overcapacity*. Sendo assim, o *overcapacity* será igual a:

$$\text{Overcapacity} = \frac{5,16 - 0,18}{5,16} \times 100\% = 96,5\%$$

O que dá uma capacidade acima do que é necessário no valor de 96,5%.



O tempo de preparação (*changeover*) das actividades de conformação é de aproximadamente 34 minuto. Dado termos a necessidade de no final ter os tempos em hora para serem comparados, vem que:

$$\text{Changeover} = \frac{34 \text{ minuto}}{60 \text{ minutos}} = 0,57 \text{ horas}$$

Como conclusão teremos então:

CONFORMAÇÃO
WIP = 117 chapas
WAITING TIME = 75,48 dias
INSPECTION = 0,0104 dias
NON-VALUE ADDED TIME = 75,50 dias

Tabela 7 - Dados relativos à conformação

A partir dos resultados obtidos anteriormente, procede-se ao desenho da realidade da conformação, utilizando os ícones previstos no *Waste Identification Diagram* (WID), o qual se encontra na figura abaixo.

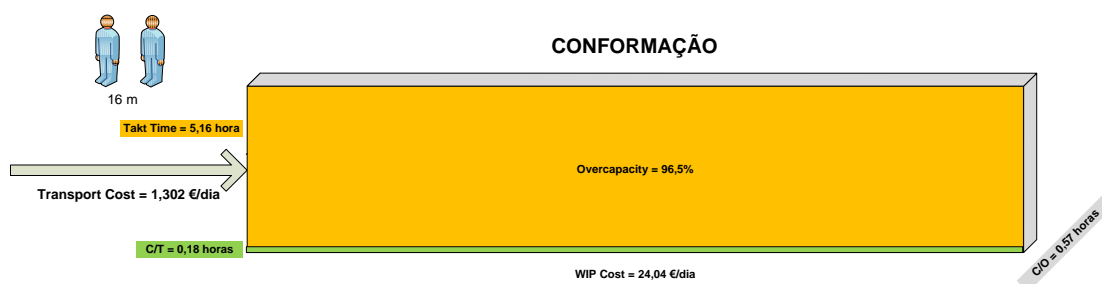


Figura 36 - WID da conformação

4.2.6. Armazém de matéria-prima

Por fim temos o armazém de matérias-primas onde se inicia todo o processo produtivo. A única actividade realizada nesta área é a inspecção das matérias-primas recepcionadas. Esta actividade tem uma duração média de 1 minuto por cada material inspeccionado, dado existir a necessidade de proceder a sua conversão para dias, temos que:

$$\text{Inspection Time} = \frac{1 \text{ minutos}}{60 \times 8} = 0,0021 \text{ dias}$$



Como conclusão no que se refere ao armazém de matérias-primas, temos que:

MATÉRIA-PRIMA (ARMAZÉM)
INSPECTION = 0,0021 dias
NON-VALUE ADDED TIME = 0,0021 dias

Tabela 8 - Dados relativos ao armazém de matérias-primas

A partir dos resultados obtidos anteriormente, procede-se ao desenho da realidade do armazém de matérias-primas, utilizando os ícones previstos no *Waste Identification Diagram* (WID), o qual se encontra na figura abaixo.

ARMAZÉM DE MATÉRIA-PRIMA

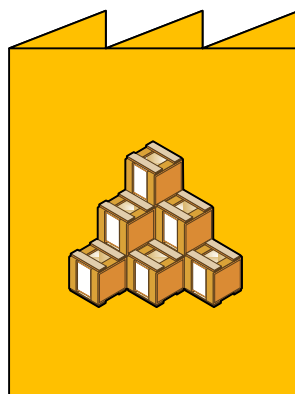


Figura 37 - WID do armazém de matéria-prima

4.2.7. Total Value Card

Após os cálculos dos valores necessários para o desenho do *Waste Identification Diagram* (WDI) relativo a cada posto de trabalho, chega o momento de reunir a informação no *Total Value Card* para ser entregue aos agentes decisores com a indicação dos custos que a organização está a suportar devido aos desperdícios.

O *takt time* que foi calculado anteriormente, é importante para a empresa pois é ele que deve regular o sistema de produção, de forma a não criar-se *WIP* (Wilson, L.). Além do referido anteriormente, é importante que as pessoas saibam qual a periodicidade com a qual deve sair uma unidade de produto para o cliente, e todos têm que dar o seu contributo.



O *value-added* (VA) *time* será no fundo o somatório da duração de todas as actividades que acrescentaram valor (*value-added* (VA)) ao produto final. Em cada actividade que fazem parte do fluxo produtivo temos o *cycle time* (C/T) de cada. O tempo durante o qual foi acrescentado valor ao produto final, foi durante o *cycle time* (C/T), e esse é que é o nosso *value-added* (VA).

$$VA\ Time = C/T_{conformação} + C/T_{soldadura} + C/T_{pintura} + C/T_{montag.\&\ emb.}$$

$$VA\ Time = 0,18 + 0,79 + 1,08 + 0,5 = 2,55\ horas$$

Para a indicação do valor do *cycle time* devido à grandeza dos tempos é recomendável a sua indicação em horas, no entanto é recomendável a conversão do *cycle time* para a escala temporal em dias, pois iremos necessitar deste valor nesta unidade de tempo para o cálculo do “*Throughput Time*”. Sendo assim teremos:

$$VA\ Time = \frac{2,55\ horas}{8\ horas} = 0,31875\ dias$$

Ou seja o *value-added* (VA) *time* deste artigo é de 2,55 horas (0,31875 dias).

O tempo que o produto se encontra em curso de fabrico sem que lhe seja acrescentado qualquer valor acrescentado será o nosso *non-value-added* (NVA) *time*. Esse tempo será igual ao somatório de todos os *non-value-added* (NVA) *time* referentes a cada posto de trabalho:

$$\begin{aligned} Total\ NVA\ Time = & NVA_{arm.m/p} + NVA_{conf.} + NVA_{solda.} + NVA_{pint.} + \\ & NVA_{mont.\&\ emb.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Total\ NVA\ Time = & 0,0021 + 75,50 + 24,55 + 55,50 + 11,65 + 2,61 \\ = & 169,81\ dias \end{aligned}$$

Apesar de o tempo de preparação (*changeover*) de máquina ser relativizado, o seu impacto no processo produtivo para além da sua duração tem a ver também com a periodicidade dessa operação. Uma vez por hora? Uma vez por semana? No entanto não devemos ignorar o seu valor e devemos tê-lo presente para ver qual o seu impacto. O *changeover* será sempre um tempo de improdutividade (*non-value-added* (NVA)) e deverá ser sempre reduzido para valores residuais, implementando



o *SMED – Single-Minute Exchange of Die*, apresentado por Shingo, S., pelo que deverá ser analisado individualmente em posto de trabalho. No entanto para ficar com algum valor no nosso *Total Value Card* (TVC), o valor será igual a:

$$Total\ C/O = C/O_{conformação} + C/O_{soldadura} + C/O_{pintura} + C/O_{montag.\&emb.}$$

$$Total\ C/O = 0,57 + 1,18 + 0,20 + 0,017 = 1,967horas$$

A distância total percorrida (*Distance Traveled* (D/T)) pelo produto ao longo do seu fluxo produtivo é igual a:

$$Total\ D/T = D/T_{confor.} + D/T_{solda.} + D/T_{pint.} + D/T_{M.\&E} + D/T_{arm. P/A}$$

$$Total = 16 + 49,8 + 98,8 + 34,5 + 150 = 349,1\ metros$$

Em termos dos custos (*transport cost* (T/C)) que isso acarretou para a empresa, o custo total foi de:

$$Total\ T/C = T/C_{confor.} + T/C_{solda.} + T/C_{pint.} + T/C_{M.\&E} + T/C_{arm. P/A}$$

$$Total\ T/C = 1,302 + 1,488 + 1,340 + 1,340 + 2,344 = 7,814\ €/dia$$

Com o layout e os recursos utilizados ao longo do fluxo produtivo, isto trás um encargo diário à empresa num valor aproximado de 7,814 €/dia.

No que se refere ao custo de posse devido ao *WIP* (*WIP Cost*) existente ao longo do fluxo produtivo, o valor final será o resultado da soma dos *WIP Cost* existentes ao longo do fluxo produtivo:

$$Total\ WIP\ Cost$$

$$= WIP\ Cost_{confor.} + WIP\ Cost_{solda.} + WIP\ Cost_{pint.} \\ + WIP\ Cost_{M.\&E} + WIP\ Cost_{arm. P/A}$$

$$Total\ T/C = 24,04 + 7,81 + 16,67 + 3,70 + 0,822 = 53,042\ €/dia$$

A perda diária da organização devido ao *WIP* existente ao longo do fluxo produtivo cifra-se nos 53,042 €/dia.



Outro indicador que tem interesse é ter o número de dias que o produto em curso de fabrico se encontra parado (*waiting*), à espera de ser processado no posto de trabalho seguinte. Este valor indicará a inoperância do sistema, e o motivo pelo qual não conseguimos responder aos pedidos dos nossos clientes com rapidez. O valor do *waiting* será o somatório dos tempos de paragem existente entre os vários postos de trabalho.

Total Waiting Time

$$= \textit{Waiting}_{confor.} + \textit{Waiting}_{solda.} + \textit{Waiting}_{pint.} + \textit{Waiting}_{M\&E} \\ + \textit{Waiting}_{arm. P/A}$$

$$\textit{Total Waiting Time} = 75,48 + 24,52 + 55,48 + 11,61 + 2,58 = 169,67 \text{ dias}$$

Por fim no *Total Value Card* (TVD) vem a indicação do tempo que leva a entregar um produto ao nosso cliente, no fundo é o nosso prazo de entrega (*throughput time*). Neste caso, o valor do *throughput time* será a soma de todos os *non-value-added* (NVA) *time* e *value-added* (VA) *time*. Sendo assim o *throughput time* será igual:

$$\textit{Throughput time} = \textit{VA} + \textit{NVA}$$

$$\textit{throughput time} = 0,31875 + 169,81 = 170,1 \text{ dias}$$

Na prática a empresa demora 170,1 dias a entregar um compressor de 100 L aos seus clientes, devido aos desperdícios existentes.

Como conclusão, os valores anteriormente calculados encontram-se no *Total Value Card* (TVC) que se encontra abaixo. No fundo o *Total Value Card* (TVC) não é mais do que um diagnóstico médico resumido do estado de saúde da empresa.



TOTAL VALUE CARD

TAKT TIME = 5,16 horas
VALUE ADDED TIME (VA) = 2,55 horas = 0,31875 dias
NON-VALUE ADDED TIME (NVA) = 169,81 dias
TOTAL CHANGEOVER = 1,967 horas
DISTANCE TRAVELED = 349,1 m
TRANSPORT COST = 7,814 €/dia
WIP COST = 53,042 €/dia
TOTAL WAITING TIME = 169,67 dias
THROUGHPUT TIME = 0,31875 + 169,81 = 170,1 dias

Tabela 9 - Total Value Card (TVD) da situação actual da Rubete

Depois de saber o estado de saúde da empresa, que neste caso é preocupante, pondera-se analisar com algum detalhe os sintomas da doença correndo o *Waste Identification Diagram* (WDI) que se encontra em anexo.

4.2.8. Conclusões da situação actual

Analisando o *Waste Identification Diagram* (WDI) – actual (que se encontra no anexo II), consegue-se facilmente detectar que todas as fases do processo produtivo da Rubete têm elevados desperdícios devido as grandes dimensões dos *block icon*. Este facto confirma a informação que consta do *Total Value Card* da situação actual da Rubete, mas analisando com mais detalhe o *Waste Identification Diagram* (WDI) conseguimos ver quais as fases do processo produtivo com mais desperdícios.

O *block icon* da conformação é o que tem no eixo dos yy o maior valor. Este facto evidencia que esta fase é a que regista maior desperdício relativamente ao WIP existente. Por ordem decrescente, verificamos que a fase com a segunda maior perda devido ao WIP é a pintura, seguindo-se a soldadura e por fim a montagem e embalagem.

Outra informação que sobressai da visualização do *Waste Identification Diagram* (WDI), é a profundidade dos *block icon* nomeadamente da soldadura o



qual regista um grande *changeover* (71 minutos), o que é um sinal de um elevado tempo de paragem do processo sem valor acrescentado (*non-value added time*). A profundidade do *block icon* da conformação também deve merecer a nossa atenção, dado que surge com alguma dimensão (34 minutos). Estas duas fases do processo produtivo – soldadura e conformação, devem reduzir o tempo do *changeover* através da reorganização dos processos de mudanças de ferramenta aplicando o SMED (Shingo, S.).

A espessura dos vectores entre as diferentes fases do processo produtivo, demonstram também a existência de algum desperdício devido às longas distâncias a percorrer. O facto de os vectores estarem dimensionados em função dos custos que acarretam para a empresa, consegue cativar a atenção dos agentes decisores. A reestruturação do layout da planta da fábrica poderia ser uma das soluções a apontar, de forma a quebrar as barreiras existentes entre as diversas fases do processo produtivo, aproximando-as assim e consequentemente reduzindo as deslocações.

Como estudo de caso, foi também elaborado o *Value Stream Mapping* (VSM) da situação presente do fluxo produtivo da Rubete, o qual se encontra em anexo (anexo 3). Comparando as informações que constam do VSM e do WDI para a mesma situação, verifica-se que com maior facilidade se consegue visualizar as fontes de desperdícios existentes ao longo do fluxo produtivo.

4.3. WASTE IDENTIFICATION DIAGRAM (WID) – Situação Futura

Na situação futura assumimos que a procura do mercado mantêm-se constante dado a empresa não ter informações em sentido contrário. Pelo que a procura mantém-se:

$$Procura\ diária = \frac{34\ compressores/mês}{22\ dias\ úteis/mês} = 1,55\ compressores/dia$$

E o valor do *takt time* será igual:

$$Takt\ time = \frac{8\ horas}{1,55\ compressores/dia} = 5,16\ horas$$



Com este valor, sabemos agora que a empresa tem de ter um compressor de 100 L pronto, de 5,16 horas em 5,16 horas.

No que se refere à informação necessária para o cálculo do *transport cost*, temos assumimos que os custo vão manter-se:

- Custo hora-homem = 7,5 €/hora
- Custo hora-empilhador = 1,5 €/hora

4.3.1. **Armazém de Produto Acabado**

No armazém de produto acabado irá existir apenas um compressor de 100 L em stock. A quantidade de produto final existente em stock mostra um *waiting* futuro de:

$$Waiting_{armazém\ de\ produto\ acabado} = \frac{1\ compressor}{1,55} = 0,65\ dias$$

Isto significa que em média a empresa irá ter um stock de produto acabado, para 0,65 dias.

O valor do custo médio diário resultante do stock que irá existir em armazém de produto acabado, será de:

$$Valor\ em\ Stock = 1\ compressor \times 300\ € = 300\ €$$

A perda anual resultante desse stock existente em armazém será de:

$$Perda\ Anual = 300\ € \times 25\% = 75\ €/ano$$

$$Perda\ Diária = \frac{75}{365\ dias} = 0,21\ €/dia$$

O *transport cost* do transporte do produto acabado para o armazém de produto final continuará a ser realizado com o auxílio de um empilhador pelo que o custo irá manter-se nos 9 €/hora, e dado que diariamente eles continuaram a trabalhar 8 horas, o custo dia é será:

$$Daily\ Cost = 9\ €/hora \times 8\ horas = 72\ €/dia$$



O custo para um dia de 8 horas é de 72 €/dia. A distância total percorrida em cada transporte (a qual inclui o levantamento, transporte e regresso) será apenas 10 metros dadas as alterações de layout sugeridas, e a sua duração será de 8,13 minutos. Convertendo a duração em dias, vem que:

$$\text{Transport Time} = \frac{8,13 \text{ min.}}{60 \text{ min.} \times 8 \text{ horas}} = 0,017 \text{ dias/transport}$$

Sabendo que diariamente o operador efectuará 1,55 transportes, o *Transport Cost* será igual a:

$$\text{Transport Cost} = 0,017 \times 1,55 \times 72 = 1,897 \text{ €/dia}$$

Por fim acresce a actividade de inspecção, a qual irá manter-se nos 3 minutos. Convertendo em dias vem que:

$$\text{Inspection Time} = \frac{3 \text{ minutos}}{60 \times 8} = 0,0063 \text{ dias}$$

Como conclusão teremos então:

PRODUTO ACABADO (ARMAZÉM)
STOCK = 1 Compressor
WAITING TIME = 0,65 dias
INSPECTION = 0,0063 dias
NON-VALUE ADDED TIME = 0,23 dias

Tabela 10 – Dados relativos ao armazém de produto acabado (futuro)

A partir dos resultados obtidos anteriormente, procede-se ao desenho da realidade da actividade de armazenagem do produto final (futuro), utilizando os ícones previstos no *Waste Identification Diagram* (WID), o qual se encontra na figura abaixo.

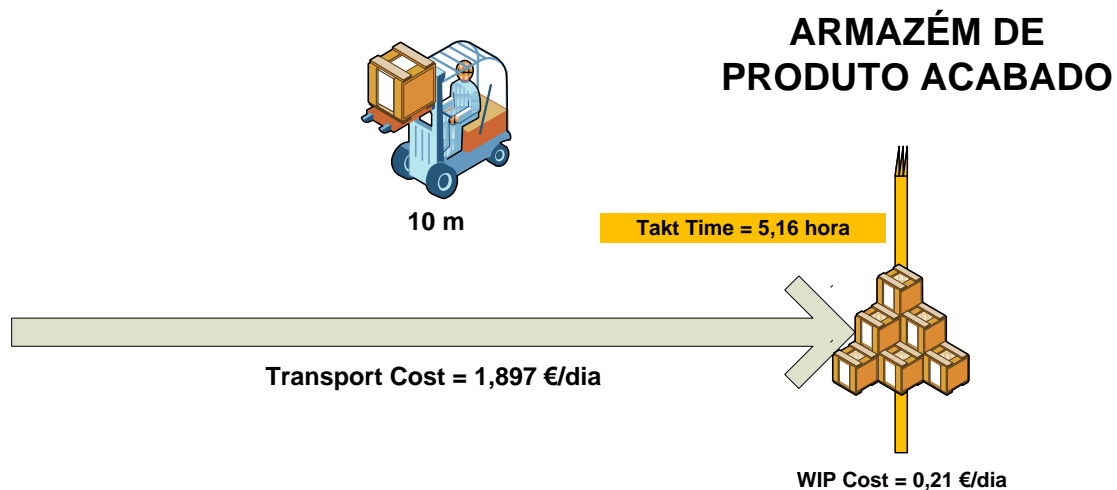


Figura 38 - WID do armazém do produto final (futuro)

4.3.2. Montagem & Embalagem

A montante da área de montagem & embalagem estará apenas um reservatório de 100 L em stock. O *WIP* existente mostra um o *waiting* será de:

$$Waiting_{montagem \& embalagem} = \frac{1 \text{ reservatórios}}{1,55} = 0,65 \text{ dias}$$

Isto significa que em média a empresa irá ter um *WIP* na área de montagem & embalagem, para 0, 65 dias.

O valor do custo médio diário resultante do stock existente no armazém de produto acabado, será de:

$$Valor \text{ em Stock} = 1 \text{ reservatórios} \times 300 \text{ €} = 300 \text{ €}$$

A perda anual resultante desse *WIP* será de:

$$Perda \text{ Anual} = 300 \text{ €} \times 25\% = 75 \text{ €/ano}$$

$$Perda \text{ Diária} = \frac{75}{365 \text{ dias}} = 0,21 \text{ €/dia}$$

O *transport cost* do transporte dos reservatórios da área da pintura para a área de montagem & embalagem continuará a ser realizado com o auxílio de um empilhador pelo que o continuará a ser de 9 €/hora, e dado que diariamente eles continuam a trabalhar 8 horas, o custo dia será de:



$$\text{Daily Cost} = 9 \text{ €/hora} \times 8 \text{ horas} = 72 \text{ €/dia}$$

O custo para um dia de 8 horas é de 72 €/dia. A distância total percorrida em cada transporte (a qual inclui o levantamento, transporte e regresso) devido as alterações de layout será de 8,5 m, e terá uma duração de 5,11 minutos. Convertendo a duração em dias, vem que:

$$\text{Transport Time} = \frac{5,11 \text{ min.}}{60 \text{ min.} \times 8 \text{ horas}} = 0,0106 \text{ dias/transport}$$

Sabendo que diariamente o operador efectua 1,55 transportes, o *Transport Cost* será igual a:

$$\text{Transport Cost} = 0,0106 \times 1,55 \times 72 = 1,182 \text{ €/dia}$$

Por fim acresce a actividade de inspecção, a qual mantém a duração de 15 minutos. Convertendo em dias vem que:

$$\text{Inspection Time} = \frac{15 \text{ minutos}}{60 \times 8} = 0,0313 \text{ dias}$$

O tempo de ciclo do produto (*cycle time*) da montagem & embalagem é igual a 30 minutos, que convertendo em horas dá:

$$\text{Cycle Time} = \frac{30 \text{ minutos}}{60 \text{ minutos}} = 0,5 \text{ horas}$$

Comparando o valor do *cycle time* com o *takt time* obtemos o valor do *overcapacity*. Sendo assim, o *overcapacity* será igual a:

$$\text{Overcapacity} = \frac{5,16 - 0,5}{5,16} \times 100\% = 90,3\%$$

O que dá um capacidade acima do que é necessário no valor de 90,3%.

O tempo de preparação (*changeover*) de área de trabalho da actividade de montagem & embalagem irá manter a duração de 1 minuto. Dado que temos de ter os tempos em hora para no final serem comparados, vem que:

$$\text{Changeover} = \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ minutos}} = 0,017 \text{ horas}$$



Como conclusão teremos então:

MONTAGEM & EMBALAGEM	
WIP = 1 reservatórios	
WAITING TIME = 0,65 dias	
INSPECTION = 0,0313 dias	
NON-VALUE ADDED TIME = 0,69 dias	

Tabela 11 - Dados relativos à montagem & embalagem (futuro)

A partir dos resultados obtidos anteriormente, procede-se ao desenho da realidade da actividade de montagem & embalagem, utilizando os ícones previstos no *Waste Identification Diagram* (WID), o qual se encontra na figura abaixo.



Figura 39 - WID da montagem & embalagem (futuro)

4.3.3. Pintura

A montante da área de pintura irá verificar-se em média a existência de 2 reservatórios de 100 L em stock. Sendo que o *WIP* existente resultará num *waiting* de:

$$Waiting_{pintura} = \frac{2 \text{ reservatórios}}{1,55} = 1,29 \text{ dias}$$

Isto significa que em média a empresa irá ter um *WIP* a montante da pintura, de 1, 29 dias.

O valor do custo médio diário resultante do stock existente no armazém de produto acabado, será:

$$Valor \text{ em Stock} = 2 \text{ reservatórios} \times 300 \text{ €} = 600 \text{ €}$$



A perda anual resultante desse *WIP* será:

$$\text{Perda Anual} = 600 \text{ €} \times 25\% = 150 \text{ €/ano}$$

$$\text{Perda Diária} = \frac{150}{365 \text{ dias}} = 0,41 \text{ €/dia}$$

O *transport cost* do transporte dos reservatórios da área de soldadura para a área da pintura continuará a ser realizado com o auxílio de um empilhador pelo que o custo é de 9 €/hora, e dado que diariamente eles trabalham 8 horas, o custo dia será:

$$\text{Daily Cost} = 9 \text{ €/hora} \times 8 \text{ horas} = 72 \text{ €/dia}$$

O custo para um dia de 8 horas é de 72 €/dia. A distância total percorrida em cada transporte (a qual inclui o levantamento, transporte e regresso) irá ser reduzido para os 6 m, e a sua duração será de 5,08 minutos. Convertendo a duração em dias, vem que:

$$\text{Transport Time} = \frac{5,08 \text{ min.}}{60 \text{ min.} \times 8 \text{ horas}} = 0,0105 \text{ dias/transport}$$

Sabendo que diariamente o operador efectua 1,55 transportes, o *Transport Cost* será igual será:

$$\text{Transport Cost} = 0,0105 \times 1,55 \times 72 = 1,172 \text{ €/dia}$$

Por fim acresce a actividade de inspecção, a qual continuará a ser realizada e terá uma duração de 5 minutos. Convertendo em dias vem que:

$$\text{Inspection Time} = \frac{5 \text{ minutos}}{60 \times 8} = 0,0104 \text{ dias}$$

O tempo de ciclo (*cycle time*) da pintura continuará a ser de 65 minutos, o qual convertendo em horas dá:

$$\text{Cycle Time} = \frac{65 \text{ minutos}}{60 \text{ minutos}} = 1,08 \text{ horas}$$

Comparando o valor do *cycle time* com o *takt time* obtemos o valor do *overcapacity*. Sendo assim, o *overcapacity* será igual a:



$$Overcapacity = \frac{5,16 - 1,08}{5,16} \times 100\% = 79\%$$

O que dá uma capacidade acima do que é necessário no valor de 79%.

O tempo de preparação (*changeover*) de área da após aplicação do SMED, baixara para 1 minutos. Dado que temos de ter os tempos em hora para no final serem comparados, vem que:

$$Changeover = \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ minutos}} = 0,02 \text{ horas}$$

Como conclusão teremos então:

PINTURA
WIP = 2 reservatórios
WAITING TIME = 1,29 dias
INSPECTION = 0,0104 dias
NON-VALUE ADDED TIME = 1,31 dias

Tabela 12 - Dados relativos à pintura (futuro)

A partir dos resultados obtidos anteriormente, procede-se ao desenho da realidade da actividade de pintura, utilizando os ícones previstos no *Waste Identification Diagram* (WID), o qual se encontra na figura abaixo.

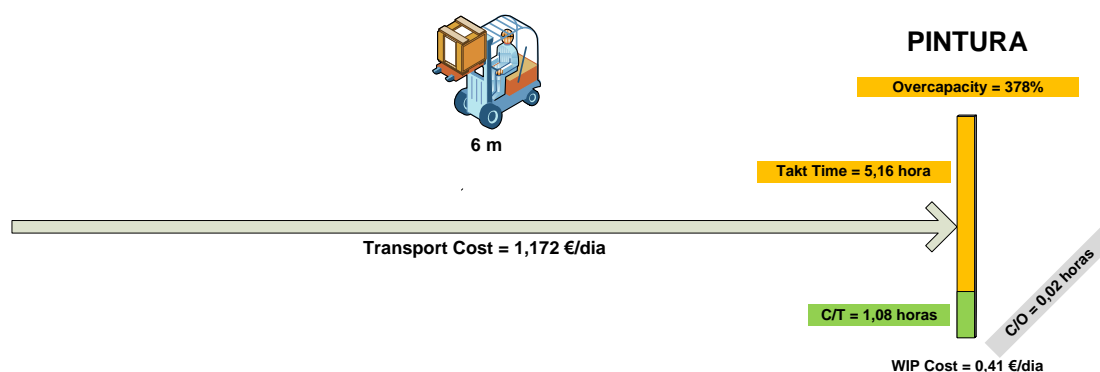


Figura 40 - WID da pintura (futuro)



4.3.4. Soldadura

A montante da área de pintura devido a reorganização do layout, a empresa irá passar a ter apenas 2 reservatórios de 100 L em stock. Sendo que o *WIP* existente resultará num *waiting* de:

$$Waiting_{soldadura} = \frac{2 \text{ reservatórios}}{1,55} = 1,29 \text{ dias}$$

Isto significa que em média a empresa irá ter um *WIP* a montante da soldadura, de 1,29 dias.

O valor do custo médio diário resultante do stock que existirá no armazém de produto acabado, será:

$$Valor \text{ em Stock} = 2 \text{ reservatórios} \times 300 \text{ €} = 600 \text{ €}$$

A perda anual resultante desse *WIP* será:

$$Perda \text{ Anual} = 600 \text{ €} \times 25\% = 150 \text{ €/ano}$$

$$Perda \text{ Diária} = \frac{150}{365 \text{ dias}} = 0,41 \text{ €/dia}$$

O *transport cost* do transporte dos reservatórios da área de conformação para a área de pintura continuará a ser realizado manualmente e irá requer a presença de dois colaboradores, o que representa o seguinte custo por hora:

$$Transport \text{ Cost} = 2 \text{ pessoas} \times 7,5 \text{ €} = 15 \text{ €/hora}$$

O que representará um custo por hora de 15 €/hora. Dado que diariamente serão trabalhadas 8 horas, o custo por dia será de:

$$Daily \text{ Cost} = 15 \text{ €/hora} \times 8 \text{ horas} = 120 \text{ €/dia}$$

O custo para um dia de 8 horas de trabalho é de 120 €/dia. A distância total percorrida em cada transporte (a qual inclui o levantamento, transporte e regresso) será reduzida para os 5 m e a terá uma duração de 3,07 minutos. Convertendo a duração em dias, vem que:



$$\text{Transport Time} = \frac{3,07 \text{ min.}}{60 \text{ min.} \times 8 \text{ horas}} = 0,0064 \text{ dias/transport}$$

Sabendo que diariamente o operador efectuará 1,55 transportes, o *Transport Cost* será igual a:

$$\text{Transport Cost} = 0,0064 \times 1,55 \times 120 = 1,190 \text{ €/dia}$$

Por fim acresce a actividade de inspecção, a qual continuará com uma duração de 10 minutos. Convertendo em dias vem que:

$$\text{Inspection Time} = \frac{10 \text{ minutos}}{60 \times 8} = 0,0208 \text{ dias}$$

O tempo de ciclo do produto (*cycle time*) da soldadura continuará a ser de 47,2 minutos, o qual convertendo em horas dá:

$$\text{Cycle Time} = \frac{65 \text{ minutos}}{60 \text{ minutos}} = 0,79 \text{ horas}$$

Comparando o valor do *cycle time* com o *takt time* obtemos o valor do *overcapacity*. Sendo assim, o *overcapacity* será igual a:

$$\text{Overcapacity} = \frac{5,16 - 0,79}{5,16} \times 100\% = 84,7\%$$

O que dá um capacidade acima do que é necessário no valor de 84,7%.

O tempo de preparação (*changeover*) das soldaduras será reduzido para os 2 minutos. Dado termos a necessidade de no final ter os tempos em hora para serem comparados, vem que:

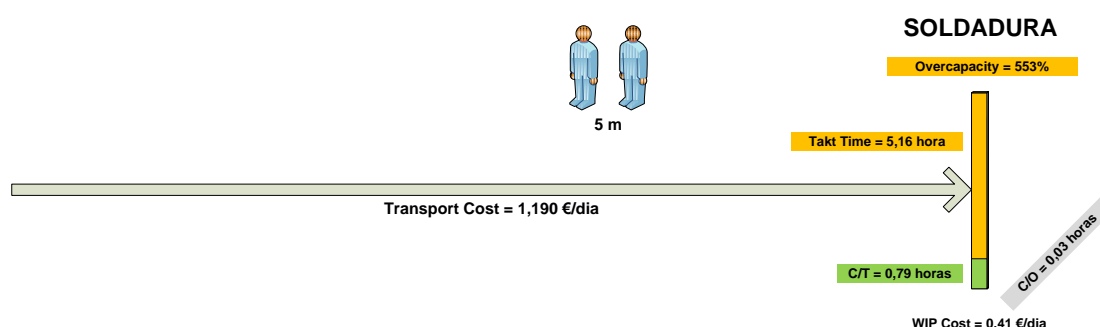
$$\text{Changeover} = \frac{2 \text{ minuto}}{60 \text{ minutos}} = 0,03 \text{ horas}$$

Como conclusão teremos então:

SOLDADURA
WIP = 2 reservatórios
WAITING TIME = 1,29 dias
INSPECTION = 0,0208 dias
NON-VALUE ADDED TIME = 1,32 dias

**Tabela 13 - Dados relativos à soldadura (futuro)**

A partir dos resultados obtidos anteriormente, procede-se ao desenho da soldadura no futuro, utilizando os ícones previstos no *Waste Identification Diagram* (WID), o qual se encontra na figura abaixo.

**Figura 41 - WID da soldadura (futuro)**

4.3.5. Conformação

A montante da área de conformação temos o armazém de matérias-primas, o qual irá registar um stock médio de 10 chapas para reservatórios de 100 L em stock. Sendo que o stock existente resultará num *waiting* de:

$$Waiting_{conformação} = \frac{10 \text{ chapas}}{1,55} = 6,45 \text{ dias}$$

Isto significa que em média a empresa possuirá um stock a montante da conformação, de 6,45 dias.

O valor do custo médio diário resultante do stock existente no armazém de produto acabado, é:

$$Valor \text{ em Stock} = 10 \text{ chapas} \times 300 \text{ €} = 3.000 \text{ €}$$

A perda anual resultante desse *WIP* é:

$$Perda \text{ Anual} = 3.000 \text{ €} \times 25\% = 750 \text{ €/ano}$$

$$Perda \text{ Diária} = \frac{750}{365 \text{ dias}} = 2,05 \text{ €/dia}$$



O *transport cost* do transporte das chapas do armazém de matérias-primas para a área de conformação será realizado manualmente por dois colaboradores, o que representará o seguinte custo por hora:

$$\text{Transport Cost} = 2 \text{ pessoas} \times 7,5 \text{ €} = 15 \text{ €/hora}$$

O que representará um custo por hora de 15 €/hora. Dado que diariamente são trabalhadas 8 horas, o custo por dia será:

$$\text{Daily Cost} = 15 \text{ €/hora} \times 8 \text{ horas} = 120 \text{ €/dia}$$

O custo para um dia de 8 horas de trabalho é de 120 €/dia. A distância total a percorrer em cada transporte (a qual inclui o levantamento, transporte e regresso) será reduzida para os 3 metros e a tem a duração de 3,04 minutos. Convertendo a duração em dias, vem que:

$$\text{Transport Time} = \frac{3,04 \text{ min.}}{60 \text{ min.} \times 8 \text{ horas}} = 0,0064 \text{ dias/transport}$$

Sabendo que diariamente os operadores efectuaram 1,55 transportes, o *Transport Cost* será igual a:

$$\text{Transport Cost} = 0,0064 \times 1,55 \times 120 = 1,190 \text{ €/dia}$$

Por fim acresce a actividade de inspecção, a qual terá uma duração de 5 minutos. Convertendo em dias vem que:

$$\text{Inspection Time} = \frac{5 \text{ minutos}}{60 \times 8} = 0,0104 \text{ dias}$$

O tempo de ciclo do produto (*cycle time*) da conformação é de 10,6 minutos, o qual convertendo em horas dá:

$$\text{Cycle Time} = \frac{10,6 \text{ minutos}}{60 \text{ minutos}} = 0,18 \text{ horas}$$

Comparando o valor do *cycle time* com o *takt time* obtemos o valor do *overcapacity*. Sendo assim, o *overcapacity* será igual a:

$$\text{Overcapacity} = \frac{5,16 - 0,18}{5,16} \times 100\% = 96,5\%$$



O que dá uma capacidade acima do que é necessário no valor de 96,5%.

O tempo de preparação (*changeover*) das actividades de conformação será reduzido para os 2 minutos. Dado termos a necessidade de no final ter os tempos em hora para serem comparados, vem que:

$$\text{Changeover} = \frac{2 \text{ minuto}}{60 \text{ minutos}} = 0,03 \text{ horas}$$

Como conclusão teremos então:

CONFORMAÇÃO
WIP = 10 chapas
WAITING TIME = 6,45 dias
INSPECTION = 0,0104 dias
NON-VALUE ADDED TIME = 2,07 dias

Tabela 14 - Dados relativos à conformação (futuro)

A partir dos resultados obtidos anteriormente, procede-se ao desenho da realidade da conformação, utilizando os ícones previstos no *Waste Identification Diagram* (WID), o qual se encontra na figura abaixo.

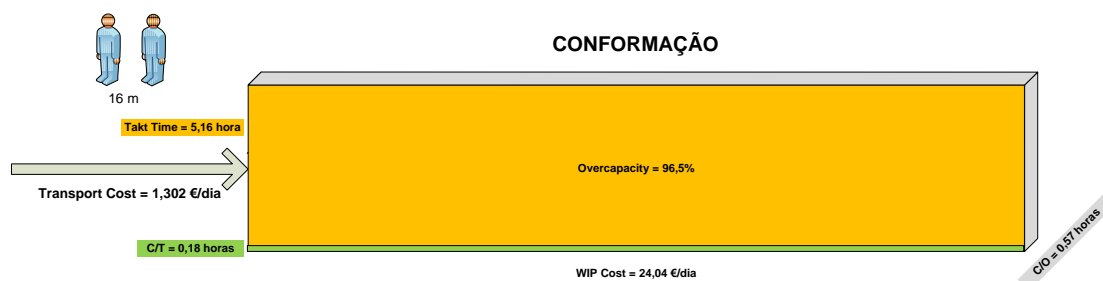


Figura 42 - WID da conformação (futuro)

4.3.6. Armazém de matéria-prima

Por fim temos o armazém de matérias-primas onde se inicia todo o processo produtivo. A única actividade realizada nesta área é a inspecção das matérias-primas recepcionadas. Esta actividade irá continuar-se a realizar e manterá a duração média de 1 minuto por cada material inspeccionado, dado existir a necessidade de proceder a sua conversão para dias, temos que:



$$\text{Inspection Time} = \frac{1 \text{ minutos}}{60 \times 8} = 0,0021 \text{ dias}$$

Como conclusão no que se refere ao armazém de matérias-primas, temos que:

MATÉRIA-PRIMA (ARMAZÉM)
INSPECTION = 0,0021 dias
NON-VALUE ADDED TIME = 0,0021 dias

Tabela 15 - Dados relativos ao armazém de matérias-primas (futuro)

A partir dos resultados obtidos anteriormente, procede-se ao desenho da realidade do armazém de matérias-primas, utilizando os ícones previstos no *Waste Identification Diagram* (WID), o qual se encontra na figura abaixo.

ARMAZÉM DE MATÉRIA-PRIMA

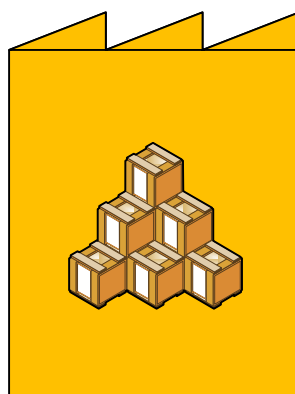


Figura 43 - WID do armazém de matéria-prima

4.3.7. Total Value Card (futuro)

Após os cálculos dos valores necessários para o desenho do *Waste Identification Diagram* (WDI) relativo a cada posto de trabalho, após a implementação das acções definidas chega o momento de reunir a informação no *Total Value Card* para ser entregue aos agentes decisores com a indicação dos novos custos que a organização passará suportar devido aos desperdícios e ver a sua redução.



TOTAL VALUE CARD (futuro)

TAKT TIME = 5,16 horas
VALUE ADDED TIME (VA) = 2,55 horas = 0,31875 dias
NON-VALUE ADDED TIME (NVA) = 5,62 dias
TOTAL CHANGEOVER = 0,1 horas
DISTANCE TRAVELED = 32,5 m
TRANSPORT COST = 6,631 €/dia
WIP COST = 3,31 €/dia
TOTAL WAITING TIME = 10,33 dias
THROUGHPUT TIME = 0,31875 + 10,33 = 10,65 dias

Tabela 16 - Total Value Card (TVD) da situação futura da Rubete

Comparando o Total Value Card – futuro, com o actual (ver tabela 9), consegue-se o impacto das medidas para a organização.

4.3.8. Conclusões

Novamente analisando o *Waste Identification Diagram* (WDI) – futuro (que se encontra no anexo IV), consegue-se facilmente detectar que todas as fases do processo produtivo da Rubete que todos os *block icon* ficaram mais magros (lean) devidos a redução dos desperdícios. Essa informação também consta do Value Stream Design (VSD) (que se encontra no anexo V), mas como se poderá constatar nos anexos, a informação não é tão evidente e cria sérias dúvidas nos outros intervenientes da produção mas com falta de conhecimento do VSM.



5. CONCLUSÃO



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adbelmalek, F.A., Rajgopal, J., 2007. Analyzing the benefits of *lean* manufacturing and *Value Stream Mapping* via simulation: A process sector case study. *International Journal Production Economics* 107, 223-236.

Al-Aomar, R., 2010 Handling multi-*lean* measures with simulation and simulated annealing. *Journal of The Franklin Institute*.

Auditor General of Canada. *Exhibit 23.8—Inventory Holding Costs Are Significant*. http://www.oag-bvg.gc.ca/internet/English/att_9623xe08_e_5760.html [Accessed 22 October 2010].

Bstock Solutions. *Carrying cost on excess inventory increases need for efficient disposition*. <http://bstockolutions.com/carrying-cost-of-excess-inventory/> [Accessed 22 October 2010].

Chitturi, R.M.; Glew, D.J.; Paulls, A., 2007. Value stream mapping in a jobshop. In: IET (International Conference on Agile Manufacturing), *ICAM 2007*. Durham, UK 9-11 July 2007. Durham University. http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=4286486 [Accessed 14 July 2010].

Dickson, E.W., Singh S., Cheung, D.S., Wyatt, C.C., Nugent, A. S., 2009. Application of *lean* manufacturing techniques in the emergency department. *The Journal of Emergency Medicine*, Vol. 37, N° 2, pp 177-182.

Henderson, B.A., Laco, J.L., 2003. *Lean transformation: how to change your business into Lean Enterprise*. The Oaklea Press.

Hicks, B.J., 2007. *Lean* information management: Understanding and eliminating waste. *International Journal of Information Management* 27, 233-249.

Imai, M., 1986. *Kaizen – The key to Japan's competitive success*. McGraw Hill

Imai, M., 1997. *Gemba Kaizen – A commonsense, low-cost approach to Management*. McGraw Hill



Inventory Management Review. *Inventory Holding Costs Quantified*.
http://www.inventorymanagementreview.org/2005/09/inventory_holdi.html [Accessed 22 October 2010].

Jain, S., Agarwal, P., Bhandari, P.M. Essentials of *lean* production: Value Stream.

Kaizen Institute. *When value stream mapping doesn't work*.
http://www.leanadvisors.com/index.php/impact/articles_full/when_value_stream_mapping_doesnt_work/ [Accessed 19 September 2010].

Kobayashi, I. 1995., *20 Keys to workplace Improvement*. CRC Press

Lian, Y.-H. and Van Landeghem, H. (2007) 'Analyzing the effects of *Lean* manufacturing using a value stream mapping-based simulation generator', International Journal of Production Research, 45: 13, 3037-3058.

Little, J.D.C., 1961. A proof for the queuing formula: $L = \lambda W$. Operations Research, Vol. 9, N° 3, pp. 383-387.

Maricourt, R., 1995. *Os Samurais da Gestão*. Edições Sílabo.

Nash, M.A., Poling, S.R., 2008. Mapping The Total Value Stream – A comprehensive guide for production and transactional processes. A Productivity Press Book

Ohno, T., 1988. *O Sistema Toyota de Produção: Além da produção em larga escala*. Bookman.

Pinto, J.P., 2009. *Pensamento Lean - A filosofia das organizações vencedoras*. Lidel.

REM Associates of Princeton, Inc. *Methodology of Calculating Inventory Carrying Costs*. <http://www.remassoc.com/portals/0/remprecc.pdf> [Accessed 22 October 2010].

Rother, M., Shook, J., 1999. *Learning to See – value stream mapping to add value and eliminate muda*. The Lean Enterprise Institute.

Seth, Dinesh and Gupta, Vaibhav, 2005. Application of value stream mapping for *lean* operations and *cycle time* reduction: an Indian case study. Production Planning & Control, 16: 1, 44-59.



Shararah1, M.A., El-Kilany, K.S., El-Sayed A.E., 2010. Component Based Modeling and Simulation of Value Stream. In: Flexible Automation and Intelligent Manufacturing (FAIM 2010), 20TH International Conference. Oakland, USA 12-14 July 2010. California State University.

Shingo, S., 1985. *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Productivity Press

Solding, P., Gullander, P.. Concepts for simulation based value stream mapping. Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference.

Sullivan, W.G., McDonald, T., Aken, E.M.V., 2002. Equipment replacement decisions and *lean* manufacturing. Robotics and Computer Integrated Manufacturing 18, 255-265.

Wan, H-D., Chen F.F., 2009. Decision support for *lean* practitioners: A Web-based adaptive assesment approach. Computers in Industry 60, 277-283.

Wilson, L., 2010. *How to implement lean manufacturing*. McGraw-Hill

Womack, J.P., Jones, D.T., 2003. *Lean thinking – Banish waste and create wealth in your corporation*. Simon & Schuster

Wu, S., Wee, H.M., 2009. How *lean* supply chain effects product *cost* and quality – A case study of the Ford Motor Company.



ANEXOS



ANEXO I – WIP Existente ao Longo do Fluxo Produtivo



Balancé (W.I.P.)



Calandra (W.I.P.)



Colocação de Fundos (W.I.P.)



Decapagem (W.I.P.)



Decapagem (W.I.P.)



Decapagem (W.I.P.)



Soldadura Circular dos Fundos (W.I.P.)

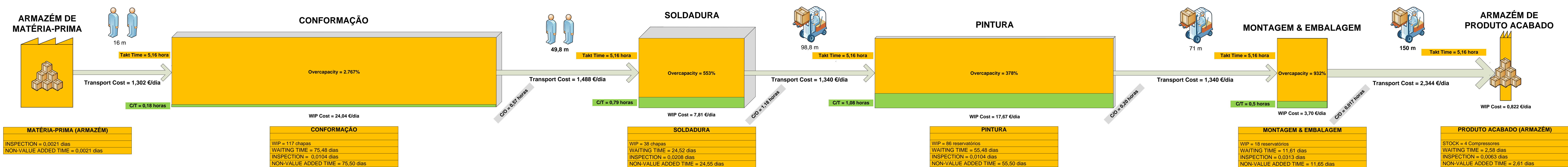


Soldadura Longitudinal (W.I.P.)



ANEXO II – Waste Identification Diagram (WID) – actual

Waste Identification Diagram (WID) [Situação Actual]



TOTAL VALUE CARD	
TAKT TIME	= 5,16 horas
VALUE ADDED TIME (VA)	= 2,55 horas = 0,31875 dias
NON-VALUE ADDED TIME (NVA)	=169,81 dias
TOTAL CHANGEOVER	= 1,967 horas
DISTANCE TRAVELED	= 349,1 m
TRANSPORT COST	= 7,814 €/dia
WIP COST	= 53,042 €/dia
TOTAL WAITING TIME	= 169,67 dias
THROUGHPUT TIME	= 0,31875 + 169,81 = 170,1 dias

WIP (Work In Progress) – base do cubo

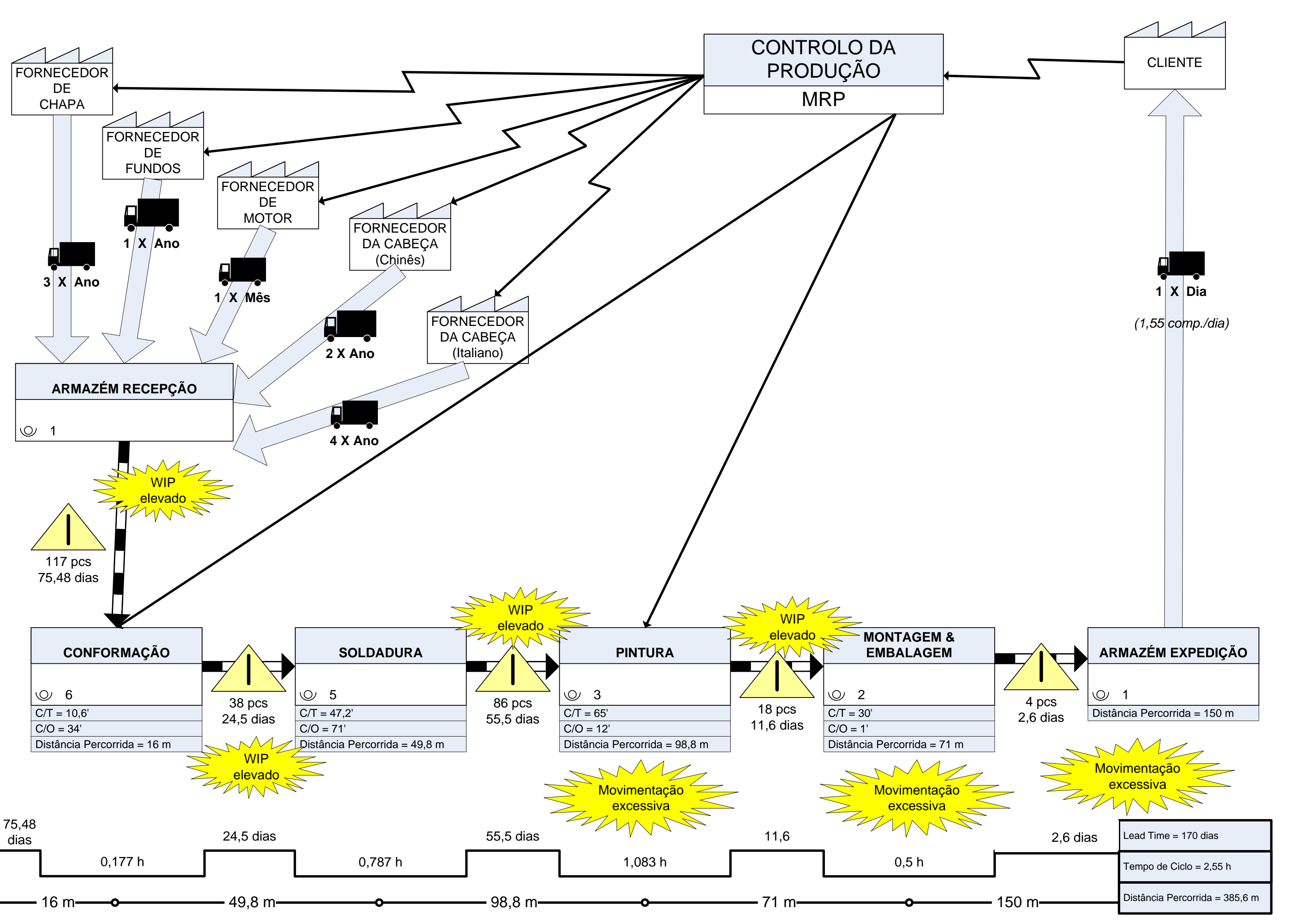
C/T (Cicle Time) – altura do cubo

C/O (Changeover) – tempo de mudança

Transport Cost – custo associado ao transporte de materiais entre postos de trabalho (altura do vector)



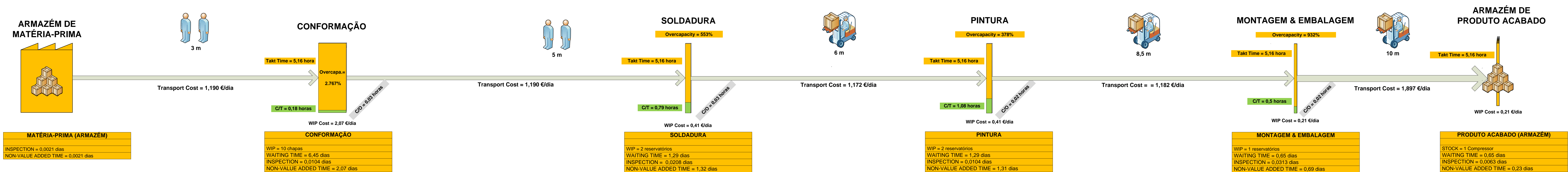
ANEXO III – Value Stream Mapping (VSM) – actual





ANEXO IV – Waste Identification Diagram (WID) – futuro

Waste Identification Diagram (WID) [Situação Futura]



TOTAL VALUE CARD
(futuro)

TAKT TIME = 5,16 horas
VALUE ADDED TIME (VA) = 2,55 horas = 0,31875 dias
NON-VALUE ADDED TIME (NVA) = 5,62 dias
TOTAL CHANGEOVER = 0,1 horas
DISTANCE TRAVELED = 32,5 m
TRANSPORT COST = 6,631 €/dia
WIP COST = 3,31 €/dia
TOTAL WAITING TIME = 10,33 dias
THROUGHPUT TIME = 0,31875 + 10,33 = 10,65 dias

WIP (Work In Progress) – base do cubo

C/T (Cicle Time) – altura do cubo

C/O (Changeover) – tempo de mudança

Transport Cost – custo associado ao transporte de materiais entre postos de trabalho (altura do vector)



ANEXO V – Value Stream Design (VSD) – future

